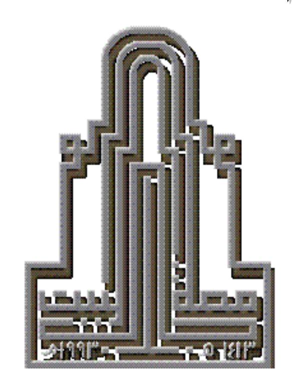
بسم الله الرحمن الرحيم



جامــعة آل البيت

كلية الأمير الحسين بن عبد الله لتكنولوجيا المعلومات

رسالة ماجستير في علوم الحاسوب

بعنـــــوان

تحسين أداء البروتوكول 802.11 بواسطة بث البيانات بقوة إشارة متغيرة

Enhancing 802.11 via signal strength-based data transmission

إعداد

بلال حكمت أحمد كراسنه

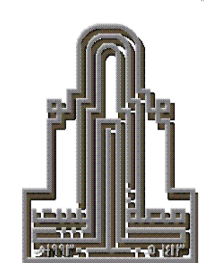
٠٥٢٠٩٠١٠٠٥

اشـــراف: د. فيــنوس وزير ســماوي (مشرف رئيسي)

د. إســماعيل محمد عــبابنه (مشرف مشارك)

٢٠٠٩

بسم الله الرحمن الرحيم



جامعة آل البيت
كلية الأمير الحسين بن عبد الله لتكنولوجيا المعلومات

رسالة ماجستير في علوم الحاسوب
بعنـــــوان

تحسين أداء البروتوكول 802.11 بواسطة بث البيانات بقوة إشارة متغيرة

Enhancing 802.11 via signal strength-based data transmission

إعداد

بلال حكمت أحمد كراسنه

٠٥٢٠٩٠١٠٠٥

المشرفين: د. فيـــنوس ســـماوي (مشرف رئيسي)
د. إســـماعيل عبابنة (مشرف مشارك)

أعضاء لجنة المناقشة	التوقيع
د. فينوس ســـــماوي	....
د. إســـماعيل عـــبابنة	....
أ.د. عدنـــان الصمادي	....
د. ســـعد بني مـــحمد	....
د. ياســـر خـــمايســـة	....

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في علوم الحاسوب في كلية الأمير الحسين بن عبد الله لتكنولوجيا المعلومات في جامعة آل البيت.

نوقشت وأوصي بإجازتها/تعديلها/رفضها بتاريخ: ....

الإهداء

إلى والدي ووالدتي، وإلى إخوتي مصدر عزتي، ولكل من كان عوناً لي

أهدي عملي.

الشكر والتقدير

الحمد لله الذي وفقني ويسر لي، وأتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى أستاذتي د. فينوس سماوي وأستاذي د. إسماعيل عبابنه لمنحي ثقتهم الغالية بقبول الإشراف على رسالتي، ولما أبدياه من حسن معاملة ورعاية وتوجيه وإرشاد، فوقفا إلى جانبي غير باخلين بعلم أو رعاية، راسمين ابتسامتهم عند كل مراجعة لغايات التعديل أو الاستفسار حاثين و موجهين من فيض علمهما. كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى أساتذتي في كلية الأمير الحسين بن عبد الله لتكنولوجيا المعلومات في جامعة آل البيت والذين لا أنسى فضلهم علي وكانوا ولا يزالوا مثلا عليا لدي، كما أشكر الزميل العزيز زاهي يعقوب الذي رافقني في استخدام المحاكاة، ولا أنسى أن أتقدم بوافر التقدير لأعضاء لجنة المناقشة لتفضلهم بمناقشة رسالتي. وإنني أتمنى أن يعود مجهودي بالنفع لكل باحث أو مطلع.

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة

الفصــــــــــــل الثالث

الدراسات السابقة

الفصــــــــــــل الرابع

الدراسة المقترحة لتحسين أداء البروتوكول IEEE 802.11

الفصـــــــــــــــل الخامس

المحاكاة

الفصـــــــــــــــل الســـادس

الخاتمة والدراسات المستقبلية

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

الملخـــــــــــــص

يعتبر البروتوكول (IEEE 802.11) أشهر البروتوكولات المســتخدمة لطـــــبقة الـــتحكم للوصول إلى الوسط الناقل في الشبكات اللاسلكية، وأكثرها استخداما حتى يومنا هذا، إلا أنه يعاني من العديد من المشاكل، والتي دعت الكثير من الباحثين للبحث عن حلول لها. قدمت هذه الدراسة تعديلات على البروتوكول (IEEE 802.11)، نسمح من خلالها بإرسال البيانـــات بطاقـــة إشـــارة متغيرة، ونقوم في هذه الدراسة بحل كل من مشكلة التوقف الخاطئ عن الإرسال ومشكلة المحطة الطرفية المخفية ومشكلة المحطة الطرفية المكشوفة ومشكلة استهلاك الطاقة عند إرسال البيانات بقوة إشارة متغيرة، وذلك من خلال إعادة استخدام الوسط من قبل قناة إرسال واحدة. وقـــد قمنـــا بإجراء العديد من تجارب المحاكاة باستخدام المحـــاكي جلومـــوزم (GloMoSim)، ووجـــدنا أن البروتوكول المقترح أعطى نتائج أفضل مـــن البروتوكـــول (IEEE 802.11) مـــن حيـــث الأداء الإجمالي، وعدد الحزم المستلمة، ومعدل زمن تأخير وصول الحزم، وعدد التصادمات والطاقـــة المستهلكة.

الفصل الأول

المقدمة

أصبحت الشبكات اللاسلكية عنصرا مهما في أغلب مجالات الحياة، المدنية والعسكرية والتجارية. وإن عدم الحاجة لبنية تحتية من أسلاك وغيرها لإضافة عقد جديدة أدى إلى انتشار هذا النوع من الشبكات (Jagannathan Sarangapani, 2007).

تقسم الشبكات اللاسلكية (Wireless LANs) إلى قسمين: الأول هي الشبكات اللاسلكية الثابتة (Fixed wireless networks)، وهي لا تدعم الحركة، وغالبا يكون الاتصال فيها نظيـــر لنظـــير (Peer-to-peer)، ومن أمثـــلتها شـــبكات الموجـــات الدقيقة (Microwave networks) وشـــبكـــات الســـاتـــلايت الثـــابتة بالنسبـــة للأرض (Geostationary satellite networks). أما القسم الثاني فهي الشبكات اللاسلكية المتحركة (Mobile wireless networks)، ويدعم هذا النوع من الشبكات الحركة أثناء الاتصال، وتقسم الشبكات اللاسلكية المتحركة إلـــى قـــسمين: أولا الشـــبكات اللاسلكية المتحركة ذات البنية التحتية (Cellular networks)، وثانيا الشـــبكات اللاســـلكية الخاصة (Ad Hoc networks). تتضمن الشبكات اللاسلكية المتحركة ذات البنيـــة التحتية عادة قـــفزة وحـــيدة من العقد الطـــرفية إلى عـــــقدة ثابتـــة (Base station)، ومـــن خصائصـــها مركـــزية التـــحكم، حيث أن البيانات تنتقل من خلال جهة مـــركزية ثابتة تتولى تنظيم عمل الشـــــبكة (Mukherjee et al., 2003).

أما الشبكات اللاسلكية الخاصة فعادة ما تحتاج إلى أكثر من قفزة للوصول إلى العقدة الهدف، ويرجع ذلك إلى عدم وجود مركزية في التحكم أو في تراسل البيانات، ولا توجد فـــي هذا النوع من الشبكات أي موجهات (Routers)، ولكن كل عقـــدة تـــساهم فـــي استكـــشاف المسارات وتعديلها. وتكون العقد في الشبكات الخاصة على درجة عالية من التعـــاون فيمـــا بينها، حيث تنتقل حزم البيانات من العقدة المصدرية مرورا بمجموعة من العقـــد الوســـطية والتي تبذل ما تستطيع لإيصال الحزمة إلى العقدة التالية، وهكذا حتى تصل الحزمة إلى العقدة الهدف (Mukherjee et al., 2003).

تتميز الشبكات اللاسلكية الخاصة بـــما يلي:

١. الهيكلية الديناميكية، أي أنه يسمح للعقد بالحركة.

٢. الاتصال اللامتماثل، ويقصد به أنه إذا كانت أحدى العقد في مدى إرسال عقدة أخرى، فإن العكس يمكن أن يكون غير صحيح.

٣. الاتصال متعدد القفزات، حيث تتعاون العقد لإيصال البيانات فيما بينها.

٤. اللامركزية في التحكم و تراسل البيانات.

٥. قيود الطاقة التشغيلية.

يعد الاهتمام بقيود الطاقة التشغيلية أمرا مهما، لأن مكونات الشبكات اللاسلكية الخاصة غالبا ما تكون ذات طاقة محدودة، واستنزافها يؤدي إلى تقصير عمر هذه المكونات وفترة بقائها في الشبكة. وأن ارتفاع قوة الإرسال تؤثر سلبا على سعة الوسط الناقل؛ فكلما زادت قوة الإرسال تقل سعة الوسط الناقل (Jagannathan Sarangapani, 2007).

تتنافس العقد في الشبكات اللاسلكية الخاصة للوصول إلى الوسط الناقل، لأنه لا يمكن لأكثر من عقدة أن ترسل في نفس الوقت، لأن ذلك يزيد من الازدحام وتصادم الحزم عند العقد، مما يزيد من عدد الحزم المفقودة، وقد يؤدي ذلك إلى انهيار الشبكة. لذلك يستخدم نطاق تردد أساسي، ولذلك أثرين، الأول أن جهازا واحدا يستطيع الإرسال في أي وقت، والثاني أن أي جهاز لا يستطيع أن يرسل ويستقبل معا، فالتراسل يجب أن يكون نصف مزدوج (Half-duplex) (Mukherjee et al., 2003).

في الشبكات اللاسلكية لابد من تنظيم عملية الوصول للوسط والإرسال، ويجب أن تكون هنالك ضوابط لقوة الإرسال، وهذا من وظائف بروتوكول طبقة التحكم في الوصول إلى الوسط الناقل (Medium access control protocol) (Mukherjee et al., 2003).

يعتبر البروتوكول (IEEE 802.11) أشهر البروتوكولات المستخدمة لطبقة التحكم في الوصول إلى الوسط الناقل في الشبكات اللاسلكية، ويتميز بقدرته على تجنب التصادم بكفاءة عالية. يستخدم هذا البروتوكول استشعار الوصول المتعدد مع تجنب التصادم (CSMA/CA)، حيث أن العقدة تتحسس الوسط هل هو شاغر أم مشغول، ولا يمكن لأي عقدة أن ترسل إلا إذا كان الوسط شاغرا. وترسل جميع العقد بنفس قوة الإرسال، وذلك لتجنب مشكلة المحطة الطرفية المخفية (Hidden terminal problem)، وهذه المشكلة تحصل عندما تكون عقدة من جهة العقدة المستقبلة خارج مدى إرسال العقدة المرسلة، عندها يمكن ان تجد

أن الوسط شاغر، فإذا أرسلت فإنها يمكن أن تتسبب بحدوث تصادم عند العقدة المستقبلة (Jagannathan Sarangapani, 2007).

١-١: الدوافع

على الرغم من شيوع استخدامه كونه يتجنب التصادم بكفاءة عالية، مما يحسن أداء الشبكة، فإن البروتوكول (IEEE 802.11) يعاني من العديد من المشكلات، فاستخدام جميع العقد لقوة إرسال واحدة لتجنب المحطة الطرفية المخفية يؤدي إلى ظهور مشاكل أخرى مثل مشكلة المحطة الطرفية المكشوفة (Exposed terminal problem)، وتعني عدم السماح لعقد أخرى بالإرسال أثناء وجود اتصال، مما يجعل الوسط الناقل مشغولا لعقد معينة، وباقي العقد –وعددها عادة أكبر– تنتظر حتى تنتهي تلك العقد من الإرسال (Kim and Shin, 2005). وهناك أيضا مشكلة التصادم الحاصل عند العقدة المستقبلة عند استلامها لحزمة البيانات، لأن مدى إرسال العقدة المرسلة لا يغطي كافة المساحة التي تشكل خطرا على العقدة المستقبلة إذا أرسلت إحدى العقد القريبة منها، كما يتم استهلاك طاقة أكبر من الحاجة أحيانا عندما تكون العقد قريبة من بعضها، وأما إعادة الإرسال في حال فشل الاتصال فتخضع لمعادلة أسية ثنائية، حيث ينتظر المرسل قبل محاولة إعادة الإرسال فترة تساوي ضعف الوقت المنتظر في محاولة الإرسال السابقة، وهذا يؤثر سلبا على أداء الشبكة (Ray et al., 2003).

يعد العمل على حل مثل هذه المشكلات من الاتجاهات الحديثة في البحث في مجال الشبكات اللاسلكية الخاصة (Basagni and Capone, 2007).

١-٢: المساهمات

سنقدم في هذه الرسالة بروتوكولا معدلا على البروتوكول (IEEE 802.11) يهدف لحل بعض المشكلات التي يعاني منها هذا البروتوكول، وذلك لزيادة أداء الشبكة، والتوفير في الطاقة المستهلكة، وذلك باستخدام قناة إرسال واحدة، علما أن البروتوكولات المقترحة لزيادة أداء الشبكة والتوفير في الطاقة المستهلكة معا، تستخدم قناتين للإرسال مثل دراسة (Muqattash and Krunz, 2003) ودراسة (Alawieh et al., 2007)، وسنذكر مساوئ استخدام قناتين للإرسال في الفصل الثالث.

سنقدم حلا جديدا لمشكلة المحطة الطرفية المكشوفة، يحل مشكلة التصادم الحاصل عند العقدة المستقبلة عند استلامها لحزمة بيانات، ويحل مشكلة التصادم عند العقدة المرسلة عند استلامها لحزمة تأكيد وصول بيانات.

١-٣: ترتيب الرسالة

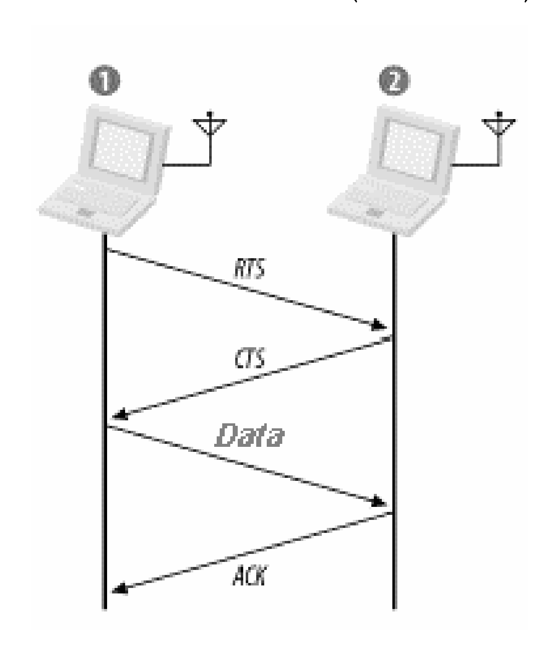
تحدثنا في الفصل الأول عن الشبكات اللاسلكية الخاصة وأهميتها، والدوافع التي عملت الدراسة من أجلها، والإسهامات التي تقدمها الدراسة. في الفصل الثاني سنستعرض البروتوكول (IEEE 802.11) وآلية عمله، والمشاكل التي يعاني منها. في الفصل الثالث سنطرح الدراسات السابقة التي تم الاستعانة بها في هذه الدراسة. في الفصل الرابع سنقدم الدراسة المقترحة لتحسين أداء البروتوكول (IEEE 802.11)، وفي الفصل الخامس سنعرض نتائج محاكاة البروتوكول المقترح ومقارنتها مع البروتوكول (IEEE 802.11)، والتعليق على نتائج المحاكاة. ثم تنتهي الرسالة بالخاتمة.

الفصل الثاني

بروتوكول IEEE 802.11

تقديم

يعتبر البروتوكول (IEEE 802.11) معيارا قياسيا لطبقة التحكم في الوصول للوسط. ويصنف البروتوكول (IEEE 802.11) ضمن البروتوكولات التنافسية، حيث تتنافس العقد للوصول للوسط. يتم تصنيف الحزم في البروتوكول إلى حزم تحكم وحزم بيانات، ويجب إرسال واستلام أربع حزم على الأقل في كل اتصال (Four-way handshake)، ثلاثة حزم تحكم وحزمة بيانات واحدة. يعرف البروتوكول آليتين لتنظيم الوصول إلى الوسط، هما آلية التنسيق المحلي (Point coordination function, PCF)، وآلية التنسيق الموزع (Distributed coordination function, DCF). تستخدم آلية التنسيق المحلي في الشبكات اللاسلكية ذات البنية التحتية، حيث توجد مركزية في التحكم من خلال عقد خاصة تتولى تنظيم عمل الشبكة (Walke et. al, 2006). وتستخدم آلية التنسيق الموزع في الشبكات الخاصة، حيث لا توجد مركزية في التحكم، وسنهتم في دراستنا هذه بآلية التنسيق الموزع. يبين الشكل (٢-١) آلية الاتصال في البروتوكول (IEEE 802.11).

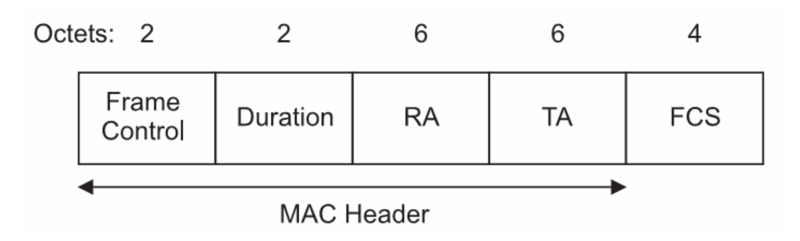


الشكل (٢-١): آلية الاتصال في البروتوكول (IEEE 802.11)

٢-١: بنية الحزم

حـــزم التحكم هي حزمة طلب الاتصال ويرمز لها بالرمز (Request-to-send, RTS)، حزمة الإذن بالإرسال ويرمز لها بالرمز (Clear-to-send, CTS) وحزمة تأكيد وصول البيانات ويرمز لها بالرمز (Acknowledgment, Ack). يرمز لحزمة البيانات بالرمز (Data).

٢-١-١: حزمة طلب الاتصال



الشكل (٢-٢): بنية حزمة طلب الاتصال

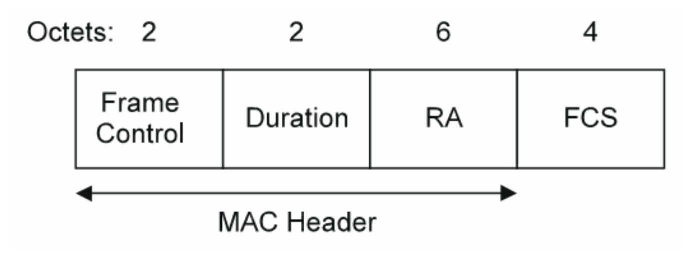
يبين الشكل (٢-٢) بنية حزمة طلب الاتصال، حجم هذه الحزمة ٢٠ بايت (Bytes) تقسم على النحو التالي:

- Frame Control: يوضع فيه نوع الحزمة -(RTS)- وحجمه ٢ بايت.
- Duration: ويوضع فيها مدة الاتصال كاملا، وحجمها ٢ بايت.
- RA: ويوضع فيها عنوان العقدة المستقبلة، وحجمها ٦ بايت.
- TA: ويوضع فيها عنوان العقدة المرسلة، وحجمها ٦ بايت.

تمثل الحقول الأربعة الســابقة رأس حــزمــة طلب الاتــصــال، ويضــاف لهــا حقــل التحقق (Frame check sequence, FCS)، والذي يستخدم لأغــراض التأكــد مــن صــــحة الحــزمة، وحجمه ٤ بايت.

تقوم العقدة التي تريد أن ترسل بيانات أولا بإرسال حزمة طلب الاتــصال، لحجــز الوسط طيلة مدة الاتصال، من خلال المدة الزمنية الموجودة فــي حقــل المــدة (Duration)، ولتتأكد أن العقدة المستقبلة في مدى إرسالها (Walke et. al, 2006).

٢-١-٢: حزمة الإذن بالإرسال



الشكل (٢-٣): بنية حزمة الإذن بالإرسال

يبين الشكل (٢-٣) بنية حزمة الإذن بالإرسال، حجم الحزمة ١٤ بايت تقسم على النحو التالي:

- Frame Control: يوضع فيه نوع الحزمة -(CTS)- وحجمه ٢ بايت.
- Duration: ويوضع فيها مدة الاتصال المتبقية -أي مدة الاتصال التي كانت في حزمة طلب الاتصال ناقص مدة إرسال حزمة (CTS)- وحجمها ٢بايت.
- RA: ويوضع فيها عنوان العقدة المستقبلة -أي عنوان العقدة التي أرسلت حزمة (RTS)- وحجمها ٦ بايت.

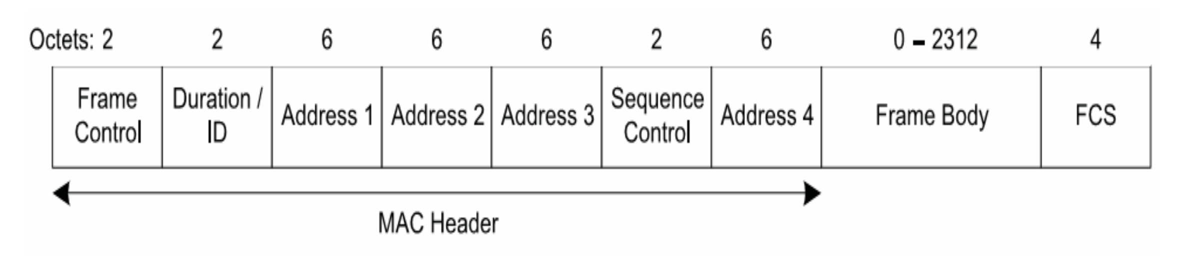
تمثل الحقول الثلاثة السابقة رأس حزمة الإذن بالإرسال، ويضاف لها حقل التحقق (FCS)، والذي يستخدم لأغراض التأكد من صحة الحزمة، وحجمه ٤ بايت.

تقوم العقدة بإرسال هذه الحزمة بعد استلامها لحزمة طلب الاتصال، والتأكد من أنها العقدة المستقبلة المقصودة، من خلال العنوان الموجود في قسم (RA) في حزمة طلب الاتصال (Walke et. al, 2006).

٢-١-٣: حزمة تأكيد وصول البيانات

ولها نفس بنية حزمة الإذن بالإرسال، ولكن المدة هنا تساوي الصفر، لأنها آخر حزمة في الاتصال. ترسل هذه الحزمة من قبل العقدة المستقبلة بعد استلامها لحزمة البيانات، لتأكيد وصول الحزمة، ولتجنيب العقدة المرسلة إعادة إرسال حزمة البيانات (IEEE Standards Department, 1999).

٢-١-٤: حزمة البيانات



الشكل (٢-٤) بنية حزمة بيانات

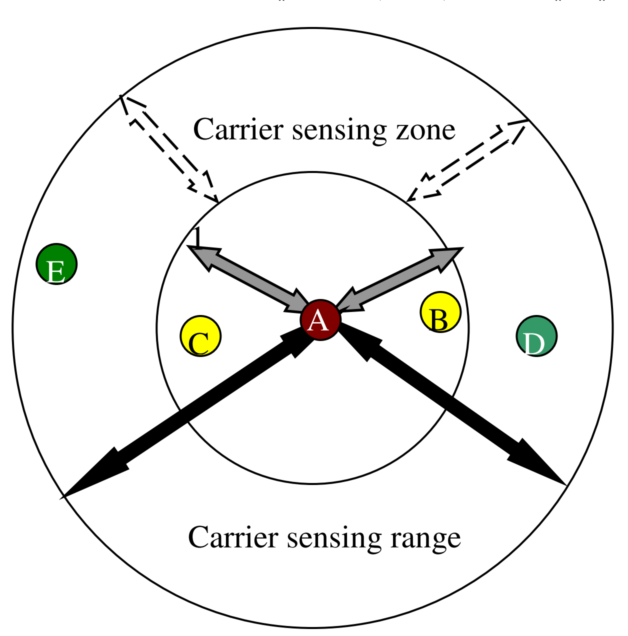
يبين الشكل (٢-٤) بنية حزمة بيانات، حجم الحزمة ٢٨ بايت من دون حقل البيانات (Frame body)، تقسم على النحو التالي:

- Frame Control: يوضع فيه نوع الحزمة -(Data)- وحجمه ٢ بايت.
- Duration: ويوضع فيها مدة الاتصال المتبقية - مدة إرسال حزمة تأكيد وصول البيانات (Ack)- وحجمها ٢ بايت.
- Address 1: ويوضع فيها عنوان العقدة المستقبلة -أي عنوان العقدة التي أرسلت حزمة (CTS)- وحجمها ٦ بايت.
- Address 2: ويوضع فيها عنوان العقدة المرسلة، وحجمها ٦ بايت.
- Address 3: غير مستخدم (يستخدم في الشبكات ذات البنية التحتية).
- Sequence Control: عبارة عن عداد يبدأ بالصفر ويزداد بمقدار واحد مع كل حزمة بيانات ترسل. والهدف منه تمييز الحزم المختلفة. تكون قيمته ثابتة عند تقسيم البيانات لأكثر من حزمة، أو في حالات إعادة الإرسال.
- Address 4: غير مستخدم (يستخدم في الشبكات ذات البنية التحتية).

تمثل الحقول السابقة رأس حزمة البيانات، ويضاف لها حقل التحقق (FCS)، وحجمه ٤ بايت. ترسل حزمة البيانات بعد استلام العقدة المرسلة لحزمة الإذن بالإرسال (IEEE Standards Department, 1999).

٢-٢: مدى الإرسال ومنطقة تحسس الناقل (Transmission range & carrier sensing zone)

يجب معرفة خصائص موجات الراديو، لأهميتها الكبيرة في فهم الظروف المؤثرة في عملية الاتصال، مثل زيادة التصادم، أو انقطاع المسار وغيرها، ولهذه الغاية يجب التعـرف على المصطلحات التي في الشكل (٢-٥) كما يلي:



الشكل (٢-٥): مدى الإرسال، منطقة تحسس الناقل ومدى تحسس الناقل

- مدى الإرسال (Transmission range): يمكن للعقد التي تقع في هذا المدى أن تتعرف على الإشارة وتحللها، وبالتالي تستطيع أن تحدد من المرسل ومن المستقبل ومدة هذا الاتصال.
- مدى تحسس الناقل (Carrier sensing range): وهو المدى الذي يمكن للعقد أن تشعر فيه بوجود إشارة، وهو أكبر من مدى الإرسال.
- منطقة تحسس الناقل (Carrier sensing zone): وتقع ما بين نهاية مـدى الإرسـال، ونهاية مدى تحسس الناقل، وفيه تشعر العقد بوجود إشـارة، ولكن لا تستطيع تحديـد وتحليل محتوياتها، وبالتالي لا تستطيع تحديد من المرسل ومن المستقبل، ولا مـعرفة فـترة ذلك الاتـصال، وهـي أحـد الأسـباب الرئيسـة في حـدوث التـصادم (Jung and Vaidya, 2005).

٢-٣: آلية التنسيق الموزع

تعمل هذه الآلية على تجنب التصادم بكفاءة عالية، وحل بعض المشكلات التي قد تؤثر على الاتصالات الجارية من خلال اعتماد آلية تحسس تعدد الوصول وتجنب التصادم (CSMA/CA)، وآلية (RTS/CTS) لتجنب مشكلة المحطة الطرفية المخفية (Walke et. al, 2006).

٢-٣-١: آلية تحسس تعدد الوصول

تعتمد آلية تحسس تعدد الوصول على مبدأ استمع قبل أن تتكلم –قبل أن ترسل-. تقوم كل عقدة تريد أن ترسل باستشعار الوسط هل هو شاغر أم مشغول، ولا تستطيع أن ترسل إلا إذا بقي الوسط شاغرا لمدة معينة سيتم تعريفها لاحقا.

يتم استشعار الوسط من خلال طريقتين، الطريقة الأولى هي استشعار الناقل الفيزيائي (Physical carrier sense)، و تحدد من خلال الواجهة الهوائية (Air interface) إذا كانت هناك إشارة كهربائية في الهواء، فإذا زادت قوة الإشارة عن حد معين، يعتبر الوسط مشغولا، وإلا يعتبر شاغرا، وتعتبر الإشارة الضعيفة ضوضاء يتم إهمالها. الطريقة الثانية هي استشعار الناقل الافتراضي (Virtual carrier sense)، وتحدد من خلال المدة التي تكون في رأس كل حزمة (Packet header)، وهذه المدة تعرف العقد الأخرى بمدة الاتصال الموجود، وبالتالي متى ينتهي هذا الاتصال، وطوال تلك الفترة تتوقف العقد الأخرى عن الإرسال، بالرغم من أن الناقل الفيزيائي المستشعر قد يكون شاغرا. تخزن كل عقدة المدة الزمنية التي في رأس كل حزمة في متغير خاص يسمى مصفوفة تخصيص الشبكة (Network allocation vector, NAV)، فإذا جاءت حزمة أخرى، تقارن قيمة المدة التي في رأس الحزمة القادمة مع قيمة المتغير (NAV)، وتكون قيمة المتغير الجديدة هي القيمة الأكبر بينهما. تسمى هذه الآلية بتحسس تعدد الوصول (Carrier sense multiple access, CSMA) (Walke et. al, 2006).

٢-٣-٢: تجنب التصادم والتراجع عن الإرسال

يؤدي الاعتماد الكلي على السيناريو السابق إلى حصول تصادم إذا قامت عقدتين باستشعار الوسط، وحاولتا الإرسال في نفس الوقت. لتجنب حصول ذلك تقوم العقد بالانتظار لمدة إضافية قبل أن ترسل حزمة طلب الاتصال، وتسمى هذه المدة بالفترة الفاصلة الموزعة (Distributed inter frame space, DIFS)، ولا ترسل حزمة طلب الاتصال إلا إذا استمر الوسط شاغرا طيلة تلك الفترة. إذا صار الوسط مشغولا أثناء فترة الانتظار (DIFS)، تقوم العقدة المرسلة بالتراجع عن محاولة الإرسال، وإذا لم تصل حزمة الإذن بالإرسال إلى العقدة المرسلة خلال فترة محددة، أو إذا لم تصل حزمة (Ack) خلال فترة محددة، تقوم العقدة المرسلة بمحاولة إعادة الإرسال، وتتم عملية التراجع عن الإرسال أو محاولة إعادة الإرسال عن طريق اختيار قيمة عشوائية في الفترة [CW,0]- تسمى هذه الفترة بنافذة التنافس (Contention window)-، وتبدأ هذه القيمة بالتناقص عندما يصبح الوسط شاغرا، فإذا استمر الوسط شاغرا لحين وصولها للصفر، تقوم العقدة بالانتظار مدة (DIFS). تعطى قيمة (CW) بداية قيمة التنافس الدنيا، وتساوي ٣١، وفي كل مرة تفشل العقدة في الوصول للوسط، تتم زيادة قيمة (CW) حسب المعادلة التالية (Walke et. al, 2006):

$$CW = 2*(CW+1)-1$$

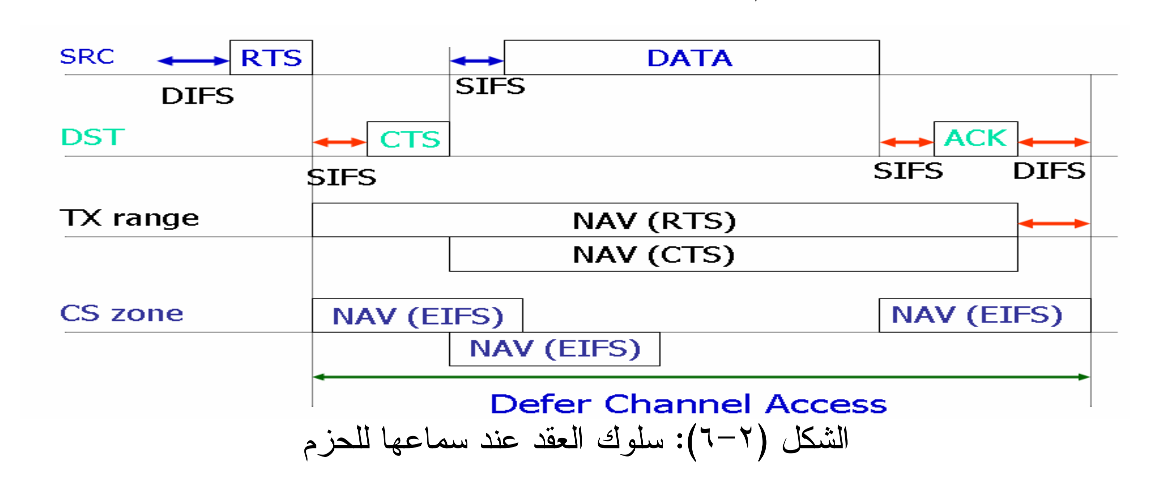
وتستمر هذه العملية لحين وصول قيمة (CW) إلى قيمة التنافس العليا، وتساوي ١٠٢٣، أي أن قيمة (CW) تزداد حسب التسلسل التالي: 31، 63، 127، 255، 511، 1023، مما يشكل تراجعا أسيا ثنائيا (Binary exponential backoff). بعد سبع محاولات فاشلة للوصول إلى الوسط-المحاولة الأولى وست محاولات معتمدة على فترة التنافس-، يعتبر الاتصال غير ممكن مع هذه العقدة، ويتم إبلاغ طبقة المسار. تسمى هذه الآلية بتجنب التصادم (Collision avoidance, CA) (IEEE Standards Department, 1999).

٢-٣-٣: الأولوية في إرسال الحزم

تعطي آلية التنسيق الموزع أولوية لإرسال بعض الحزم من خلال فترات زمنية تسمى

الفترات الفاصلة بين الحزم (Inter frame spaces, IFSs)، وهي أوقات انتظار ثابتة، وتقوم كل عقدة بالانتظار تلك المدة المقررة قبل إرسال أي حزمة، وفي تلك الأثناء تتحسس فيها الوسط للتأكد من أنه شاغر، وأوقات الانتظار هي:

- الفترة الفاصلة القصيرة (Short inter frame space, SIFS): وهو أصغر الأوقات، وتقوم كل عقدة تريد إرسال حزمة إذن بالإرسال، أو حزمة بيانات أو حزمة تأكيد وصول بيانات باستشعار الناقل الفيزيائي طوال تلك المدة للتأكد من أن الوسط شاغر، وبعد انتهائها تبدأ بالإرسال. كل عقدة تنتظر وصول واحدة من الحزم المذكورة، تعتبر أن الاتصال قد فشل إذا لم تصل الحزمة المنتظرة خلال الفترة (SIFS) يعتبر أن الاتصال قد فشل، ويجب على العقدة المرسلة محاولة إعادة الإرسال.
- الفترة الفاصلة الموزعة: تحدثنا عنها سابقا، وهي تأتي قبل إرسال حزمة طلب اتصال، وهي أطول من الفترة الفاصلة القصيرة.
- الفترة الفاصلة الإضافية (Extended inter frame space, EIFS): وهي فترة انتظار كافية لوصول حزمة تأكيد وصول بيانات إلى العقدة المرسلة، وهي أطول من فترة إرسال حزمة (Ack). وتستخدم هذه الفترة عند العقد التي تقع في منطقة تحسس الناقل، والتي لا تستطيع تحليل الحزمة القادمة، فلا تعرف نوعها، أو حتى مدة الاتصال، لذلك يستخدم هذا الوقت بدلا من وقت الاتصال. الشكل (٢-٦) يبين سلوك العقد عند سماعها للحزم.



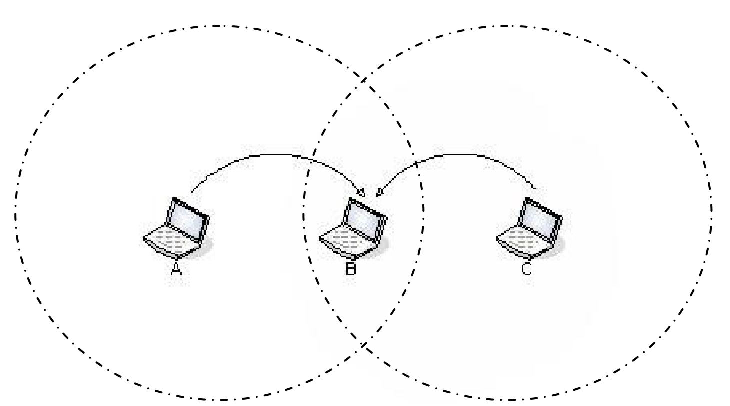
الشكل (٢-٦): سلوك العقد عند سماعها للحزم

٢-٣-٤: مشكلة المحطة الطرفية المخفية

تم اعتماد آلية إرسال RTS/CTS في نسخة البروتوكول المعدلة عام ١٩٩٩، حيث

كان البروتوكول في نسخته السابقة يرسل فقط حزم بيانات وحزم تأكيد وصول بيانات في كل اتصال، وتم اعتماد هذه الآلية لتجنب مشكلة المحطة الطرفية المخفية (Jagannathan Sarangapani, 2007).

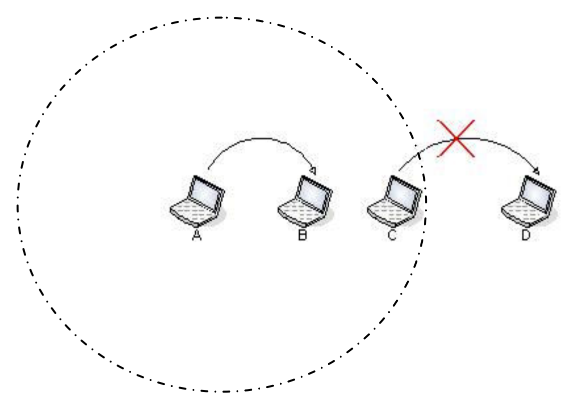
في الشكل (٢-٧) ترسل العقدة A للعقدة B، وفي نفس الوقت ترسل العقدة C، ولا تشعر أي من العقدتين A أو C أن إرسالا آخر موجود، وبالتالي يحدث تصادم عند العقدة B. ومن خلال آلية RTS/CTS، تقوم العقدة المرسلة من خلال إرسال حزمة طلب الاتصال بإبلاغ العقد التي في مدى إرسالها بأن الوسط مشغول، وبعدها تقوم العقدة المستقبلة بالرد بحزمة الإذن بالإرسال لإبلاغ العقد التي في مدى إرسالها أن الوسط محجوز، وبذلك تم إبلاغ العقد التي في مدى كل من العقدتين بمدة الاتصال.



الشكل (٢-٧): مشكلة المحطة الطرفية المخفية

٢-٣-٥: مشكلة المحطة الطرفية المكشوفة

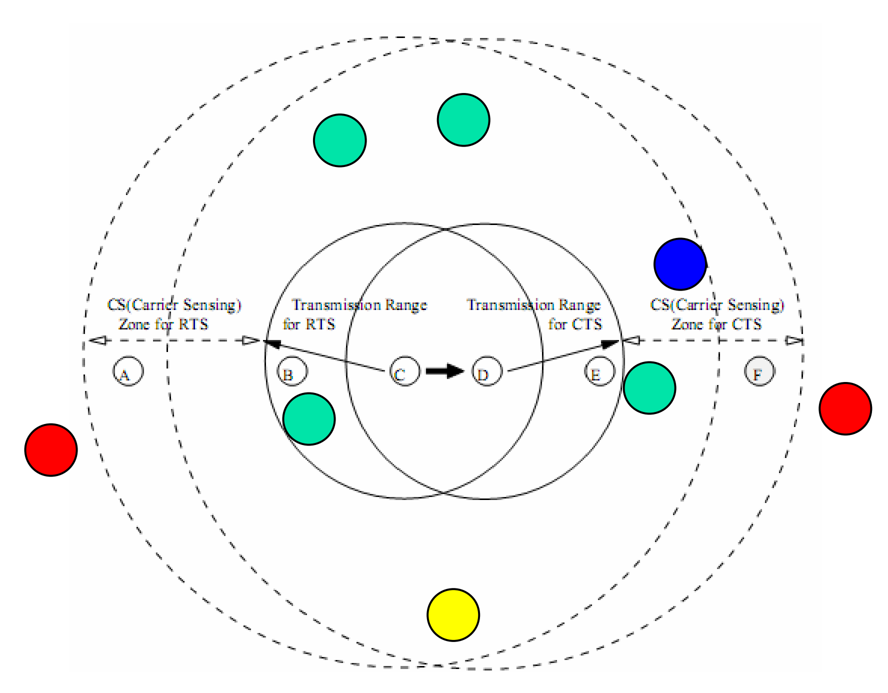
بسبب استخدام آلية (CSMA/CA)، فإن البروتوكول (IEEE 802.11) يمنع وجود أكثر من اتصال في نفس الوقت لتجنب التصادم، وعلى جميع العقد إذا سمعت أي حزمة أن تمتنع عن محاولة الإرسال طيلة فترة الاتصال الموجود. الشكل (٢-٨) يبين مشكلة المحطة الطرفية المكشوفة حيث أن العقدة (C) تمتنع عن الإرسال لسماعها إرسال العقدة (A).



الشكل (٢-٨): مشكلة المحطة الطرفية المكشوفة

٢-٣-٦: مشكلة الطاقة وحجز الوسط لعقد محدودة

إن الزيادة في قوة الإرسال يزيد من استهلاك البطارية، ولتجنب التصادم فإن جميع العقد في البروتوكول (IEEE 802.11) لها قوة إرسال ثابتة، بغض النظر عن المسافة بين العقدة المرسلة والعقدة المستقبلة، وذلك لإبلاغ أكبر عدد ممكن من العقد بمدة الاتصال، ونتيجة لذلك يتم حجز مساحة أكبر من الوسط، وتمتنع كل العقد التي أحست بوجود اتصال عن محاولة الإرسال حتى ينتهي هذا الاتصال (Jagannathan Sarangapani, 2007). يبين الشكل (٢-٩) الاتصال بين العقدة (C) والعقدة (D)، وعدد العقد التي يجب أن تتوقف عن الإرسال لحين انتهاء الاتصال.



الشكل (٢-٩): المساحة المحجوزة للاتصال

الفصل الثالث

الدراسات السابقة

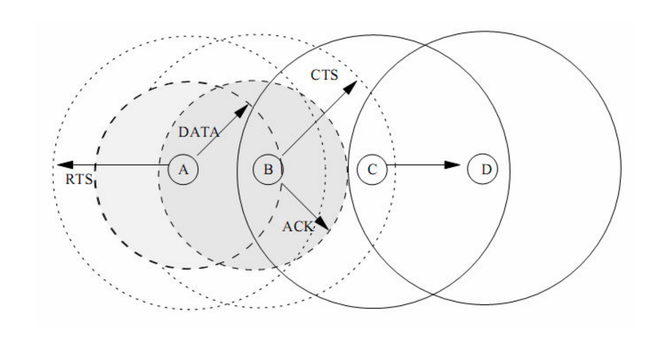
تقديم

إن تجنب التصادم لا يعني عدم الوقوع فيه، وبالرغم من شـــهرته الواســـعة، إلا أن البروتوكول (IEEE 802.11) لا يزال يعاني من مشكلات تؤثر سلبا على أداء الشبكة، وعلـــى اســـتهلاك طاقة العقد، لذا أجـــريت العديد من الدراســـات والتي سنشير للبعض منها لاحقـــا لحل مشـــاكل هذا البـــروتوكول، وكان الهدف منها إما تحسين أداء الشبكة، أو التوفير فـــي الطاقة أو كليهما.

٣-١: بروتوكول ترشيد الطاقة من خلال طبقة التحكم في الوصول للوسط فـــي الـــشبكات اللاسلكية الخاصة A Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks

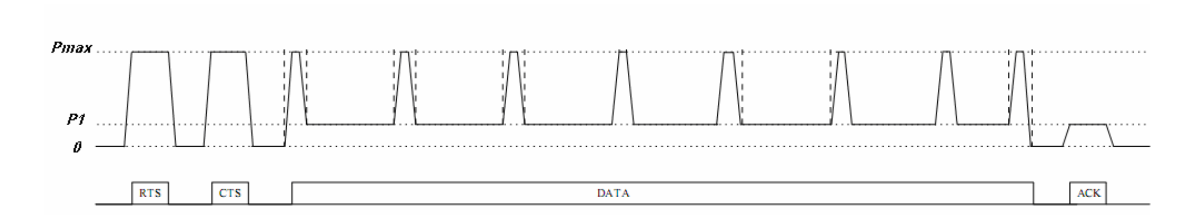
قام جنج وفيديا (Jung and Vaidya, 2005) بدراســـة العديد من البروتوكولات الهادفة للتوفير في استهلاك الطاقة، واعتمدا على أسلوب التحكم في الطاقة، وتقوم فكرة هذا الأسلوب على إرسال حزم طلب الإرسال وحزم الإذن بالإرسال بقوة إرسال تختلف عن حزم البيانـــات وحزم التأكيد على وصول البيانات، ويرى الباحثان أن هـــذه الطريقـــة تخفـــض مـــن الأداء الإجمالي للشبكة لأنها تزيد من تصادم الحزم عند العقد، مما يؤدي إلى زيادة عمليـــة إعـــادة الإرسال، وهذا أيضا يستنزف طاقة من البطاريـــة. واقتـــرح الباحثـــان بروتوكـــولا معـــدلا للبروتوكول (IEEE 802.11) يهدف للتوفير في الطاقة، ويحل مشكلة التصادم الذي قد يحصل عند العقدة المرسلة، وذلك من خلال إرسال حزم البيانات بأعلى قوة إرسال علـــى فتـــرات، وتكون قوة الإرسال مناسبة في الفترات الأخرى، لكي تبقى العقد في منطقة تحـــسس الناقـــل

تشعر بوجود إرسال–وجود إشارة كهربائية–، مما يمنعها من محاولة الإرسال، ولكن تبقى مشكلة حدوث التصادم عند العقدة المستقبلة، وباحتمالية أكبر، ومن المآخذ على هذه الدراسة أيضا أنها بحاجة لقنوات إرسال خاصة، كي تستطيع تقوية البث وتخفيضه خلال فترات زمنية بسيطة وبسرعة عالية. وقد أثمرت الدراسة عن توفير في الطاقة المستهلكة دون التأثير على الأداء الكلي للشبكة. يبين الشكل (٣–١) مشكلة إرسال حزم بيانات بقوة إشارة أقل من قوة إرسال حزمة طلب الاتصال وحزمة الإذن بالإرسال.



الشكل (٣–١): مشكلة إرسال حزم البيانات بطاقة أقل

في الشكل (٣–٢) يبين فكرة الباحثان جنج وفاديا، حيث ترسل حزمة بيانات بأعلى قوة إرسال على فترات، وترسل حزمة تأكيد وصول البيانات بقوة إرسال مناسبة.



الشكل (٣–٢): فكرة الباحثان جنج وفاديا

٣-٢: بروتوكول جديد لترشيد الطاقة من خلال طبقة التحكم في الوصول للوسط في الشبكات اللاسلكية الخاصة A New Power-Controlled MAC for Ad Hoc Networks

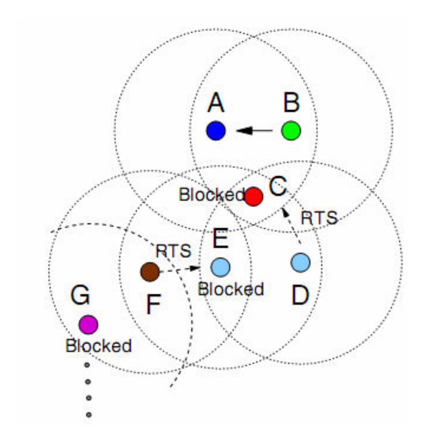
قام منجبو وجيانجسونج (Mingbo and Guangsong, 2007) بتقديم بروتوكول معدل على البروتوكول المقترح في الدراسة (Jung and Vaidya, 2005)، من خلال زيادة حجم حزمة طلب الاتصال وحزمة الإذن بالإرسال حسب حجم حزمة البيانات، لأن العقد في منطقة تحسس الناقل تستطيع معرفة حجم الحزمة، وبذلك تتوقف فترة كافية حتى نهاية الاتصال. ولكن تبقى مشكلة حدوث تصادم عند العقدة المستقبلة أثناء إرسال حزم البيانات، عندما تدخل عقدة من جهة العقدة المستقبلة أثناء إرسال البيانات. كما أن زيادة حجم كل من حزمة طلب الاتصال وحزمة الإذن بالإرسال يزيد من استهلاك الطاقة.

٣-٣: الازدحام الناتج عن طلب الاتصال والإذن بالإرسال في الشبكات اللاسلكية الخاصة

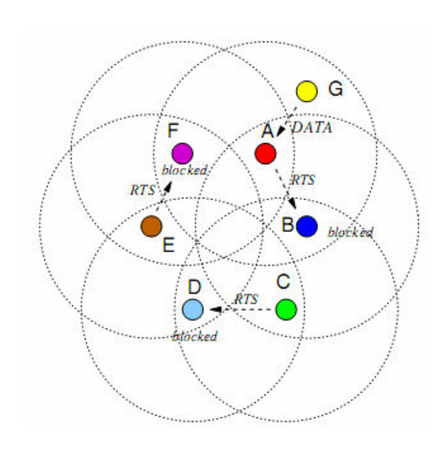
RTS/CTS-Induced Congestion in Ad Hoc Wireless LANs

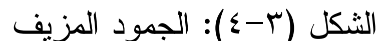
قام راي وآخرون (Ray et al., 2003) بدراسة آلية طلب الاتصال والإذن بالإرسال في البروتوكول (IEEE 802.11)، ووجدوا توقفا خاطئا عن الإرسال عند العقد التي سمعت رسائل طلب اتصال دون وجود إرسال للبيانات من قبل نفس العقد، مما يؤدي إلى حصول جمود مزيف (Pseudo-Deadlock)، والذي يعني أن عددا معينا من العقد تتوقف عن الإرسال لظنها أن اتصالا يجري في حين عدم وجود اتصال. واقترحوا حلا لذلك بأن تقوم العقد المجاورة للعقد المرسلة لرسائل طلب الاتصال بتحسس الوسط بعد فترة كافية لوصول حزمة الإذن بالإرسال، فإذا سمعت بداية إرسال حزمة بيانات يكون الاتصال قد تم بنجاح، وبالتالي تستمر في التوقف عن الإرسال، غير ذلك لا داعي للاستمرار في التوقف عن الإرسال لأن ذلك الاتصال لم ينجح. في الشكل (٣-٣) يبين التوقف الخاطئ عن الإرسال عند

إرسال العقدة (A) حزمة طلب اتصال وعدم إرسالها حزمة بيانات. وفي الشكل (٣-٤) يبـــين الجمود المزيف الناتج عن التوقف الخاطئ عن الإرسال.



الشكل (٣-٣): مشكلة التوقف الخاطئ عن الإرسال

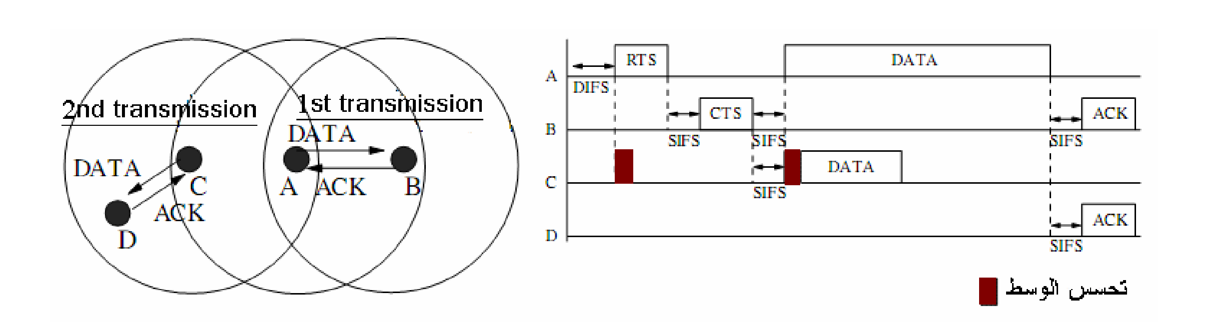



الشكل (٣-٤): الجمود المزيف

٣-٤: التخفيف من مشـــكلة المحطة الطرفية المكشـــوفة في البروتوكـــول IEEE 802.11 في الشبكات اللاسلكية الخاصة Mitigating the Exposed Node Problem in IEEE 802.11 Ad Hoc Networks

قام شكلا وآخرون (Shukla et al, 2003) باقتراح بروتوكول معدل على البروتوكـــول (IEEE 802.11) يســـمح لأكـــثر من عـــقدة بأن ترسل في نفس الوقت، حيث يـــسمح للعقـــد التي سمعت حزمة طلب الاتصال، وبدأت تسمع حزمة بيانات في ذلك الاتصال بأن تجـــري اتصالا في ظل الاتصال السابق، وذلك بإرسال حزمة بيانات مباشرة، وانتظار حزمة تأكـــيد وصول البيانات، دون إرسال حزمة طلب الاتصال وحزمة الإذن بالإرسال. ويسمح بالاتصال الجديد فقط إذا كانت مدة إرسال حزمة البيانات في الاتصال الجديد أقل من مدة إرسال البيانات في الاتصال السابق، وقد اقترحوا بأن يكون إرسال حزم التأكيد لوصول البيانات فـــي كـــلا الاتصالين في نفس الوقت. واعتمدوا في الدراسة أمرين، الأول أن العديـــد مـــن الدراســـات الإحصائية أثبتت أن ٥٠% من الحزم على الانترنت حجمها أقل من ١٠٠ بايت، والثانيـــة أن

العديد من الدراسات أثبتت أن طلب الاتصال والإذن بالإرسال غير ملائمة عند إرسال الحزم الصــغيرة، والتي حــجمها مابين ٢٠٠-٥٠٠ بايت. في الــشكل (٣-٥) يبــين دراســـة (Shukla et al, 2003)، حيث يسمح للعقدة (C) بعمل اتصال ثانوي في ظل الاتصال الأولـــي الذي بين العقدة (A) والعقدة (B).

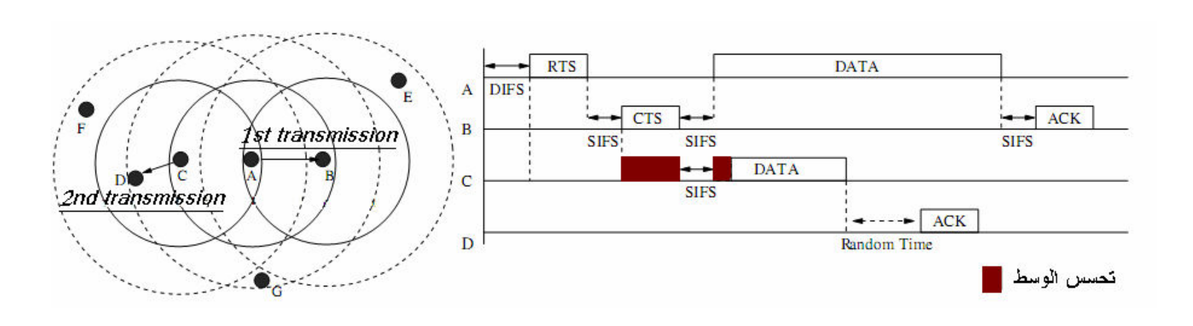


الشكل (٣-٥): دراسة (Shukla et al, 2003)

من الملاحظات على هذه الدراسة أن البــاحثين لــم يراعــوا خــصائص الموجــات الراديوية، مما يجعل نجاح الاتصال الأول والاتصال الذي يحصل في ظله أمرا صعبا، بــل يزيد من احتمال فشل كلا الاتصالين بسبب التصادم الذي قد يحصل عند العقدتين المــستقبلتين -أحداهما أو كلاهما-، والتصادم الذي قد يحصل عند العقدتين المرســلتين عنــد اســتلامهما لحزمة التأكيد على وصول البيانات-أحداهما أو كليهما-، وبما أن الاتصال الثاني يبــدأ دون معرفة ما إذا كانت العقدة المستقبلة في مدى إرسال العقدة المرسلة، فإن هذا يزيد من احتمالية فشل هذا الاتصال، وضياع الطاقة المستهلكة دون فائدة. لم يبين في الدراسة ما هــي المــدة الزمنية التي تحملها حزمة البيانات في الاتصال الثاني. وقد نتج عن الدراسة زيادة فــي أداء الشــبكة مقــارنة مع البروتوكول (IEEE 802.11).

٣-٥: الإرســـال المتوازي المعتمد على مستوى التشويش في البروتوكول IEEE 802.11 في الشبكات الخاصة Parallel Transmissions in IEEE 802.11 Based Ad Hoc Networks with Interference Ranges

قام كم و شـــن (Kim and Shin, 2005) باقتراح بروتوكول مـــعدل على البروتوكول (IEEE 802.11) معتمد على الدراسة السابقة (Shukla et al, 2003) مع الأخذ بعين الاعتبـــار خصائص الموجات الراديوية، وقد وضعا شـــرطا أضافيا لتلـــك المقترحـــة فـــي دراســـة (Shukla et al, 2003) ، وهو أن العقدة المرسلة في الاتصال الثاني لم تشعر بأية إشارة فـــي الفترة مابين إرسال كل من حزمة طلب الاتصال وحزمة البيانات من قبل العقدة المرسلة فـــي الاتصال الأول، أي أن تكون العقدة المرسلة في الاتصال الثاني خارج منطقة تحسس الناقـــل للعقدة المستقبلة في الاتصال الأول، كما جعلوا إرسال حزم التأكيد على وصول البيانات فـــي الاتصال الثاني يحدث بعد فترة يتم تحديدها عشوائيا بعد انتهاء إرسال حزمة البيانات في نفس الاتصال. في الشكل (٣-٦) يبين دراسة (Kim and Shin, 2005) والتي تـــسمح للعقـــدة (C) بعمل اتصال ثانوي في ظل الاتصال الأولي الذي بين العقدة (A) والعقدة (B) شـــريطة أن لا تكون العقدة (C) قد سمعت أو شعرت بحزمة الإذن بالإرسال.



الشكل (٣-٦): دراسة (Kim and Shin, 2005)

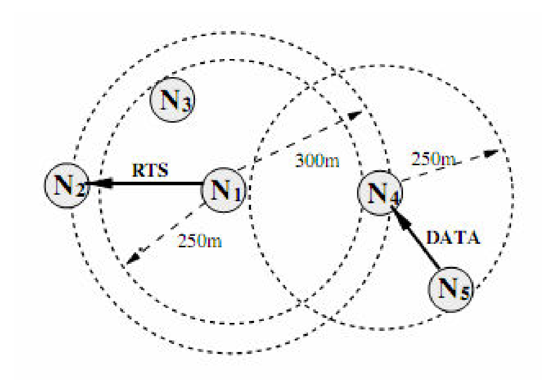
من الملاحظات على هذه الدراسة أنه لا يمكن نجاح الاتصالين معا، لأن إرسال حزمة تأكيد وصول البيانات في الاتصال الثاني يحدث قبل انتهاء العقدة المرسلة في الاتصال الأول

من إرسال حزمة البيانات، وعليه سيحصل تصادم عند العقدة المرسلة في الاتصال الثاني. يبدأ الاتصال الثاني هنا أيضا دون معرفة ما إذا كانت العقدة المستقبلة في مدى إرسال العقدة المرسلة، مما يزيد من احتمالية فشل الاتصال، وضياع الطاقة المستهلكة دون فائدة. هذا ولم تحدد المدة الزمنية التي تحملها حزمة البيانات في الاتصال الثاني. نتج عن هذه الدراسة زيادة في إنتاجية الشبكة مقارنة مع البروتوكول (IEEE 802.11)، ومقارنة مع البروتوكول المقترح في الدراسة (Shukla et al, 2003).

٣-٦: تحسين أداء طبقة النقل باستخدام إدارة الشبكة المعتمدة على قوة الإشارة

Improving TCP performance in ad hoc networks using signal strength based link management

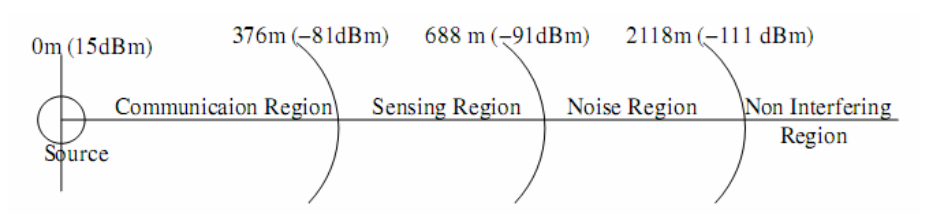
تحدث كليم وآخرون (Klemm et al. ,2005) عن التقليل من فقدان الحزم بالاعتماد على قوة الإشارة، حيث لا تعيد العقدة إرسال الحزمة إلا بعد أن تقدر أن العقدة المستهدفة في مدى إرسالها وذلك من خلال حساب قوة الإشارة المستلمة من تلك العقدة في فترة سابقة، ومن خلال ذلك تستطيع تقدير المسافة بينهما، بالاعتماد على المسافة يقرر المرسل إما أن يعيد الإرسال بطاقة أكبر من الطاقة السابقة بقليل بحيث يصبح مدى الإرسال يصل إلى ٣٠٠م بدلا من ٢٥٠م، على اعتبار أن العقدة ابتعدت قليلا مما جعلها خارج مدى الإرسال، أو لا يحاول إعادة الإرسال ويعتبر الاتصال منقطعا. ولتفادي بعض المشاكل الناتجة تم اقتراح تعديل على بروتوكول التمرير (AODV). وقد أثمرت الدراسة عن تحسين في أداء الشبكة وعدد الحزم المفقودة في البروتوكول المعدل مقارنة مع البروتوكول (IEEE 802.11). في الشكل (٣-٧) يبين دراسة (Klemm et al. ,2005)، حيث تقوم العقدة (N1) بإعادة الإرسال بقوة أشارة أعلى من قوة الإشارة في محاولة الاتصال السابقة بمدى يصل إلى ٣٠٠ مترا بدلا من ٢٥٠ مترا.



الشكل (٣-٧): يبين فكرة دراسة (Klemm et al. ,2005)

٣-٧: حول تأثير الحساسية للضوضاء علــى أداء البروتوكــول 802.11 فــي الــشبكات الخاصة On the Impact of Noise Sensitivity on Performance in 802.11 Based Ad Hoc Networks

قدم الباحثان ديسلفا وبوبانا (Desilva and Boppana, 2004) دراسة عن تأثير التشويش على أداء البروتوكــول (IEEE 802.11) فــي الــشبكات الخاصــة، واســتخدما المحــاكي GloMoSim، دارسين خصائصه وسلوكه في محاكاة الشبكات الخاصة. وسمحوا فــي هــذه الدراســة للعــقــد بإرســال حــزمة الإذن بالإرسال إذا كــانت في منطقة تحــســس الناقل لعقدة ما، بشرط أن يكون الاستشعار الافتراضي متــوقفا، على احتمال أن التشويش قد يزول أو يقل عند هذه العقدة مما يقلل من عملية إعادة الإرسال. نتج عن هذه الدراسة زيــادة فــي الإنتاجية الكلية للشبكة، والتقليل من التصادم، والتقليل من عدد المسارات المنقطعة مقارنة مع البروتوكول (IEEE 802.11). يبين الشكل (٣-٨) مدى تأثير الإشارة في برنــامج المحاكــاة GloMoSim.



الشكل (٣-٨): مدى تأثير الإشارة في برنـامج المحاكاة GloMoSim

هنالك بروتوكولات تستخدم أكثر من قناة للإرسال مثل البروتوكول المقترح من قبل مقطش وكرونز (Muqattash and Krunz, 2003) ودراسة علوية وآخرون (Alawieh et al., 2007)، ولكن المشكلة في هذا النوع من البروتوكولات أن حجم الأجهزة سيكون أكبر، وسيحمل البروتوكول عبئا جديدا، وهو تناسق عمل القنوات.

الفصل الرابع

الدراسة المقترحة لتحسين أداء البروتوكول IEEE 802.11

تقديم

سنقوم في هذه الدراسة بتقديم بروتوكول معدل على البروتوكول (IEEE 802.11) يهدف إلى تحسين أدائه والتوفير في الطاقة المستهلكة في العقد. سنعتمد في البروتوكول المقترح على آليتين، الآلية الأولى هي إرسال حزم البيانات وحزم تأكيد وصول البيانات بقوة إرسال مناسبة تقل عن القوة القصوى عند توفر الشروط المناسبة لذلك، والآلية الثانية هي السماح لأكثر من عقدة بالإرسال في نفس الوقت. في هذا الفصل سنبدأ بتعريف البروتوكول المقترح، ثم نفسر سبب كل تعديل قدم وأثره على الأداء.

٤-١: بنية الحزم في البروتوكول المقترح

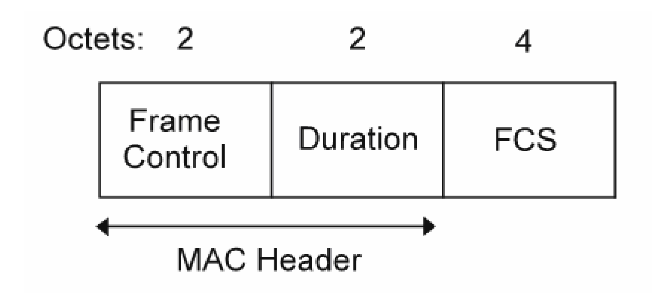
سيكون لدينا خمس حزم تحكم بدلا من ثلاث حزم تحكم في البروتوكول (IEEE 802.11)، وذلك بإضافة حزمة بدء إرسال (Begin-to-send, BTS)، وحزمة إذن إرسال جديدة. أما حزمة طلب الاتصال وحزمة البيانات وحزمة تأكيد وصول البيانات فتبقى كما هي في البروتوكول (IEEE 802.11).

٤-١-١: حزمة الإذن بالإرسال

سنعرف حزمتين للإذن بالإرسال، الأولى لها نفس البنية لحزمة الإذن بالإرسال في البروتوكول (IEEE 802.11)، والثانية تختلف فقط في قيمة الحقل (Frame control)، بحيث ستحمل الحزمة الثانية في حقل (Frame control) قيمة (CTS1)، بدلا من قيمة (CTS)، وسنسمي هذه الحزمة حزمة الإذن بالإرسال الخاصة، وتتعامل العقد مع كلا الحزمتين بنفس مبدأ التعامل مع حزمة الإذن بالإرسال في البروتوكول (IEEE 802.11)، ماعدا العقدة المرسلة لحزمة طلب الاتصال والتي تتعامل معهما بشكل مختلف.

يتم إرسال حزمة البيانات بقوة إرسال مناسبة بدلا من أعلى قوة إرسال بناء على نوع حزمة الإذن بالإرسال، وسيتم شرح ذلك لاحقا.

٤-١-٢: حزمة البدء بالإرسال



الشكل (٤-١): بنية حزمة البدء بالإرسال

يبين الشكل (٤-١) حزمة البدء بالإرسال، حجم الحزمة ٨ بايت مقسمة على النحو التالي:

- Frame Control: يوضع فيه نوع الحزمة -(BTS)- وحجمه ٢ بايت.
- Duration: ويوضع فيها مدة الاتصال المتبقية -أي مدة الاتصال التي كانت في حزمة الإذن بالإرسال مطروحا منها مدة إرسال حزمة البدء بالإرسال- وحجمها ٢ بايت.

يمثل الحقلان السابقان رأس حزمة البدء بالإرسال، ويضاف لهما حقل (FCS)، ويستخدم لأغراض التأكد من صحة الحزمة، وحجمه ٤ بايت.

٤-١-٢-١: أهمية حزمة البدء بالإرسال

في دراسة (Kim and Shin, 2005) كانت العقد التي تسمع حزمة طلب الاتصال تنتظر فترة زمنية بعدها تتحسس الوسط للتأكد من بدء إرسال حزمة بيانات، ويتم حساب هذه المدة الزمنية من خلال المعادلة التالية:

$$NewNAV = CTS_TIME + 2 * SIFS_TIME + 2 * SLOT_TIME$$

حيث أن:

(CTS_TIME) هو وقت إرسال حزمة الإذن بالإرسال.

($SIFS_TIME$) هي فترة زمنية تم توضيحها في الفصل الثاني.

($SLOT_TIME$) هو الوقت اللازم لكي يصبح الوسط شاغرا من الإشارة المرسلة.

في دراستنا سنقوم بالتعديل على المعادلة في دراسة (Kim and Shin, 2005) بإضافة زمن إرسال حزمة البدء بالإرسال كما يلي:

$$NewNAV = CTS_TIME + 2 * SIFS_TIME + BTS_TIME + 2 * SLOT_TIME$$

حيث (BTS_TIME) هو وقت إرسال حزمة البدء بالإرسال.

عند سماع العقد المجاورة حزمة البدء بالإرسال أو حزمة البيانات فإنها تستمر في التوقف عن الإرسال لحين انتهاء الاتصال، وذلك بحسب المدة الزمنية المحددة في الحزمة، ولكن إذا لم تسمع أي من الحزمتين خلال تلك الفترة، فحينها يعتبر أن ذلك الاتصال قد فشل، وأنه لا حاجة للاستمرار في التوقف عن الإرسال، وتستطيع أي من العقد المجاورة محاولة الإرسال.

وفي هذه الآلية نقدم حلا لمشكلة التوقف الخاطئ عن الإرسال، والجمود المزيف الذي قد ينتج عنه كما بينا سابقا. لم تكن هذه القضية مطروحة في البروتوكولات السابقة التي ترسل حزمة البيانات بقوة إرسال متغيرة، لأن العقد التي تبعد عن العقدة المرسلة مسافة أكبر من المسافة التي بينها وبين العقدة المستقبلة لا تستطيع سماع حزمة البيانات، وبالتالي فهي لا تستطيع أن تحدد إذا بدأ إرسال حزمة بيانات أم لا. ولكن في هذه الدراسة يتم إرسال حزمة البدء بالإرسال بأعلى طاقة، كي تستطيع جميع العقد المجاورة للعقدة المرسلة من سماع الحزمة، وتستمر في التوقف عن الإرسال باقي مدة الاتصال. وهناك فائدة أخرى لهذه الحزمة سيتم شرحها لاحقا.

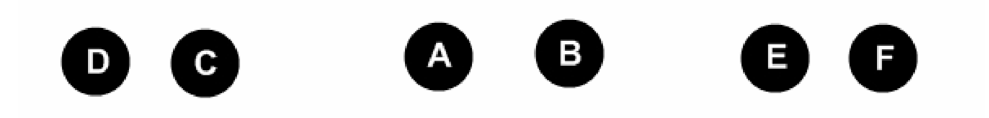
٤-٢: آلية عمل البروتوكول المقترح

سنعرف في البروتوكول المقترح نوعين من الاتصالات، وهي الاتصالات الأولية والاتصالات الثانوية. وفيما يلي شرح مفصل لكل اتصال.

٤-٢-١: الاتصال الأولي

هو الاتصال الذي يتم فيه إرسال حزمتي طلب الاتصال والإذن بالإرسال، وسيكون هناك اتصالات أولية تتم بأربع حزم، واتصالات أولية أخرى تتم بخمس حزم، حيث سنضيف

حزمة البدء بالإرسال في بعض الاتصالات الأولية، وترسل هذه الحزمـــة الجديـــدة عنـــدما يستدعي الأمر من قبل العقدة المرسلة، وبعدها مباشرة ترسل حزمة البيانات. ولتوضيح آليـــة الاتصال، إذا أرادت العقدة (A) أن ترسل إلى العقدة (B) في الشكل (٤–٢)، فإن الاتصال يتم على النحو التالي:



الشكل (٤–٢): الاتصال بين العقدة (A) والعقدة (B)

١. ترســـل العقدة (A) حـــزمة طلب الاتصـــال بأعلى قوة إرســـال ومقدارها 15 dBm أي ما يعادل 31.6227 mW (Jorge Nuevo, 2004).
٢. عند استلام العقدة (B) لحزمة طلب الاتصال، تقوم بحساب المسافة بينها وبين العقـــدة (A) حسب المعادلة التالية (Klemm et al. ,2005):

$$d = \sqrt[4]{\frac{P_t \,.\, G_t \,.\, G_r \,.\, h_t^2 \,.\, h_r^2}{P_r \,.\, L}}$$

حيث تمثل (d) المسافة بين المستقبل والمرسل، و(Pt) تمثل قوة الإرسال الافتراضية، وهي أعلى قوة إرسال وتســـاوي 15 dBm، و(Pr) هي قوة الإشارة المستلمة، و(Gt) تمثل تكبير الهوائي (Antenna gains) عند المرسل، و(Gr) تمثل تكبير الهوائي عند المستقبل، و(h_t) تمثل ارتفاع الهوائي عند المرسل، و(h_r) تمثل ارتفاع الهوائي عند المستقبل، و(L) تمثل خسارة النظام (System loss). وكل القيم السابقة قيم ثابتة ما عدا قيمة قوة الإشـــارة المستلمة، حيث أن قيمة تكبير الهوائي ثابتة عند المرسل والمستقبل وتـــساوي (1 mW)، وقيمة ارتفاع الهوائي ثابتة أيضا عند المرسل والمـــستقبل وتـــساوي (1.5 mW)، وقـــوة الإرسال الافتراضية تساوي (31.6227mW)، والقـــيمة الافتراضـــية لنظـــام الخـــسارة تســـاوي (1).

بناء على المعادلة السابقة إذا كانت المسافة بين المستقبل والمرسل أقل من أو تساوي

١٥٠م عندها تقوم العقدة المستقبلة (B) بإرسال حزمة إذن إرسال خاصة، أما إذا كانت المسافة المقدرة أكبر من ١٥٠م، فإن (B) ترسل حزمة إذن إرسال عادية أي حزمة إذن إرسال كما هي في البروتوكول IEEE 802.11. وقد تم تحديد المسافة بـ ١٥٠م من خلال التجربة، حيث أجرينا عدة اختبارات وكانت هي أفضل قيمة جاءت بأفضل نتائج.

٣. إذا استلمت العقدة (A) حزمة الإذن بالإرسال الخاصة، عندها تقوم بإرسال حزمة البدء بالإرسال لإبلاغ العقد أنها استلمت حزمة الإذن بالإرسال وتقوم بإرسال البيانات بقوة إرسال مناسبة، وبعدها مباشرة ترسل حزمة البيانات بقوة إرسال تساوي 5 dBm. أما إذا استلمت العقدة (A) حزمة الإذن بالإرسال العادية، فإنها تبد بإرسال حزمة البيانات بأعلى قوة إرسال.

٤. بعد استلام العقدة (B) لحزمة البيانات تقوم بإرسال حزمة تأكيد وصول البيانات بقوة إرسال مناسبة كما يلي: إذا كان إرسال حزمة البيانات بقوة إرسال مناسبة فستكون قوة إرسال حزمة التأكيد على وصول البيانات تساوي 5 dBm، أما إذا كانت قوة إرسال البيانات بأعلى قوة إرسال، فستقوم العقدة (B) بحساب المسافة بينها وبين العقدة المرسلة اعتمادا على قوة إشارة حزمة البيانات المستلمة، وتحدد قوة إرسال حزمة التأكيد على وصول البيانات بحسب الجدول (٤-١):

جدول (٤-١): قوة إرسال حزمة تأكيد وصول البيانات

المسافة	قوة الإرسال
المسافة <= ٢٠٥م	7 dBm
٢٠٥م < المسافة <= ٢٣٤م	9 dBm
٢٣٤م < المسافة <= ٢٦٧م	11 dBm
٢٦٧م < المسافة <= ٣٠٣م	13 dBm
المسافة > ٣٠٣م	15 dBm

تم تحديد المسافات في الجدول (٤-١) بناء على التجربة، حيث أجرينا عدة اختبارات آخذين بعين الاعتبار أن تكون قوة الإرسال يغطي مسافة أكبر من المسافة المأخوذة.

في الدراسات السابقة مثل (Jung and Vaidya, 2005)، و(Klemm et al., 2005) والتي تستخدم أسلوب التحكم في قوة الإرسال للتوفير في الطاقة، كانت قوة الإرسال تحدد من قبل

العقدة المرسلة بناء على قوة الإشارة القادمة من العقدة المستقبلة عندما ترسل حزمة الإذن بالإرسال، ولكن بما أن قيمة قوة الإشارة المستلمة تتأثر بشكل كبير بتأثير الضوضاء الحاصل عند العقد، فكلما زادت قيمة الضوضاء تقل قوة الإشارة المستلمة (Alawieh et al., 2007)، فقد اعتمدنا على قوة الإشارة المستلمة من قبل العقدة المستقبلة، وعلى أساسها تم تحديد المسافة بينها وبين العقدة المرسلة. طرحت فكرة شبيهة في (Alawieh et al., 2007)، حيث تحمل حزمة طلب الاتصال قيمة الضوضاء عند العقدة المرسلة كي تستخدمها العقدة المستقبلة في حساب قوة الإرسال المناسبة لحزمة الإذن بالإرسال، كما تحمل حزمة الإذن بالإرسال قيمة الضوضاء عند العقدة المستقبلة كي تستطيع العقدة المرسلة تحديد قوة الإرسال لحزمة البيانات.

إذا كانت المسافة المقدرة من قبل العقدة المستقبلة بينها وبين العقدة المرسلة أقل من ١٥٠م، فإن العقدة المرسلة ترسل حزمة البيانات بقوة إرسال تساوي 5 dBm، أي بمدى إرسال يصل إلى ١٩٨م، وهذا يعود لأمرين، الأمر الأول يفسر لماذا لا تكون قوة الإرسال أقل من 5 dBm، وهو أن حزمة البيانات لن ترسل مباشرة بعد استلام العقدة المرسلة لحزمة الإذن بالإرسال الخاصة، بل تسبقها حزمة البدء بالإرسال، وخلال تلك الفترة قد يكون مستوى الضوضاء ارتفع عند العقدة المستقبلة، أو تحركت أي من العقدتين مبتعدة عن العقدة الأخرى، وكل ذلك يتطلب الإرسال بقوة أعلى مما حدد مسبقا. والأمر الثاني يفسر لماذا لا تكون قوة الإرسال أكبر من 5 dBm، والسبب كي لا نزيد من الضوضاء عند العقد التي تبعد عن العقدة المرسلة من ٣٥٦م حتى ٣٧٧م، وذلك سيفسر في الاتصالات الثانوية. يبين الشكل (٤-٣) إرسال الحزم في البروتوكول المقترح عند استخدام حزمة البدء بالإرسال، يتم بعد إرسال حزمة طلب الاتصال من العقدة A وحزمة إذن بالإرسال من العقدة B، بعدها ترسل حزمة بدء الإرسال يليها مباشرة ترسل حزمة بيانات، وفي النهاية ترسل حزمة تأكيد وصول البيانات.

الشكل (٤-٣): إرسال الحزم في الاتصال بين (A) و(B)

بما أن الاتصال الأولي قد يحتوي على حزمة بدء إرسال، لذا فإن المدة الزمنية في حزمة طلب الاتصال يجب أن تحتوي على مدة الاتصال بما في ذلك زمن حزمة البدء بالإرسال،

فإذا أجابت العقدة المستقبلة بحزمة الإذن بالإرسال العادية، فإن المدة الزمنية تحتـــوي وقـــت إرسال البيانات ووقت وصول حزمة تأكيد وصول البيانات فقط، وعندما ترسل العقدة المرسلة حزمة بيانات، تكون المدة الزمنية تحتوي مدة إرسال حزمة تأكيد وصول البيانات، وبـــذلك لا تكون فترة انتظار العقد الأخرى لحـــين انتهاء هذا الاتـــصال أكبر من المطلوب.

٤-٢-٢: الاتصال الثانوي

هو اتصال يحدث في نفس وقت الاتصال الأولي، ويتم بإرسال حزمة بيانات وحزمة تأكيد وصول بيانات، وقد يكون لدينا أثناء الاتصال الأولي أكثر من اتصال ثانوي، والجديـــد في هذه الدراسة أنه يسمح بالاتصال الثانوي من جهة العقدة المرســـلة ومـــن جهـــة العقـــدة المستقبلة، ويمكن أن يكون حجم حزمة البيانات في الاتصال الثانوي أقل من أو يساوي حجم حزمة البيانات في الاتصال الأولي، وهذا يختلف عن الدراسات السابقة حيث كـــان يـــسمح بالاتصال الثانوي فقط من جهة العقدة المرسلة، ولا يسمح بالاتصال الثانوي إلا إذا كان حجم حزمة البيانات في الاتصال الثانوي أقل من حجم حزمة البيانات في الاتصال الأولي. وسنميز هنا بين الاتصال الثانوي من جهة العقدة المرسلة والاتصال الثانوي من جهة العقدة المستقبلة.

٤-٢-٢-١: الاتصال الثانوي من جهة العقدة المرسلة

يسمح للعقدة المجاورة للعقدة المرسلة في الاتصال الأولي بإجراء اتصال ثـــانوي إذا تحققت الشروط الثلاثة الآتية:

١. أن تحتوي طبقة التحكم في الوصول للوسط حزمة بيانات واحدة على الأقل.
٢. أن تسمع العقدة حزمة البدء بالإرســـال، دون أن تكـــون قـــد ســـمعت حزمـــة الإذن بالإرسال-أن لا تكون في مدى إرسال العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي-.
٣. أن تكون المسافة المقدرة بين العقدة المرسلة في الاتصال الأولي وهذه العقدة أكبر من ٣٥٦م، حتى عندما يرسل كلاهما لا يصل مدى إرسال كل منها للآخر، وقد تم إجراء عدة اختبارات حيث جاءا أفضل النتائج عند هذه القيمة.

إذا تحققت الشروط السابقة، تبدأ العقدة بإرسال حزمة بيانات بقوة إرسال تساوي 5 dbm، أي بمدى إرسال يصل حتى ١٩٨م، بعد ذلك تنتظر حزمة تأكيـــد وصـــول البيانـــات لفتـــرة

(SIFS)، فإذا لم تصل حزمة التأكيد خلال هذه الفترة يعتبر الاتصال فاشلا، ولا تحاول العقدة إعادة الاتصال لحين انتهاء الاتصال الأولي.

أما بالنسبة للعقدة التي وصلتها حزمة بيانات مباشرة فتستطيع أن تميز أن هذا اتصال ثانوي بسبب عدم وصول حزمة طلب الاتصال مسبقا، وعندها تقوم هذه العقدة بالرد بحزمة تأكيد وصول بيانات بعد فترة (SIFS)، وبقوة إرسال تساوي 5 dBm.

إذا لم يكن في الاتصال الأولي إرسال لحزمة البدء بالإرسال، فلا يسمح باتصال ثانوي من جهة المرسل، بسبب انشغال كامل الوسط من جهة المرسل.

٤-٢-٢-٢: الاتصال الثانوي من جهة العقدة المستقبلة

يسمح للعقدة المجاورة للعقدة المستقبلة في الاتصال الأولي بإجراء اتصال ثانوي إذا تحققت الشروط الثلاث الآتية:

١. أن تحتوي طبقة التحكم في الوصول للوسط حزمة بيانات واحدة على الأقل.
٢. أن تسمع العقدة حزمة الإذن بالإرسال، دون أن تكون قد سمعت حزمة طلب الاتصال أو حزمة البدء بالإرسال-أن لا تكون في مدى إرسال العقدة المرسلة في الاتصال الأولي-.
٣. أن تكون المسافة المقدرة بين العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي وهذه العقدة أكبر من ٣٥٦م، حتى عندما يرسل كلاهما لا يصل مدى إرسال كل منها للآخر، وقد تم إجراء عدة اختبارات حيث جاءا أفضل النتائج عند هذه القيمة.

إذا تحققت الشروط السابقة تبدأ العقدة بإرسال حزمة بيانات بقوة إرسال تساوي 5 dbm، أي بمدى إرسال يصل حتى ١٩٨م، بعد ذلك تنتظر حزمة تأكيد وصول البيانات فترة (SIFS)، فإذا لم تصل حزمة التأكيد خلال هذه الفترة يعتبر الاتصال فاشلا، ولا تحاول العقدة إعادة الاتصال لحين انتهاء الاتصال الأولي.

يسمح بالاتصال الثانوي من جهة العقدة المستقبلة دائما أي في وجود أو عدم وجود حزمة بدء إرسال في الاتصال الأولي.

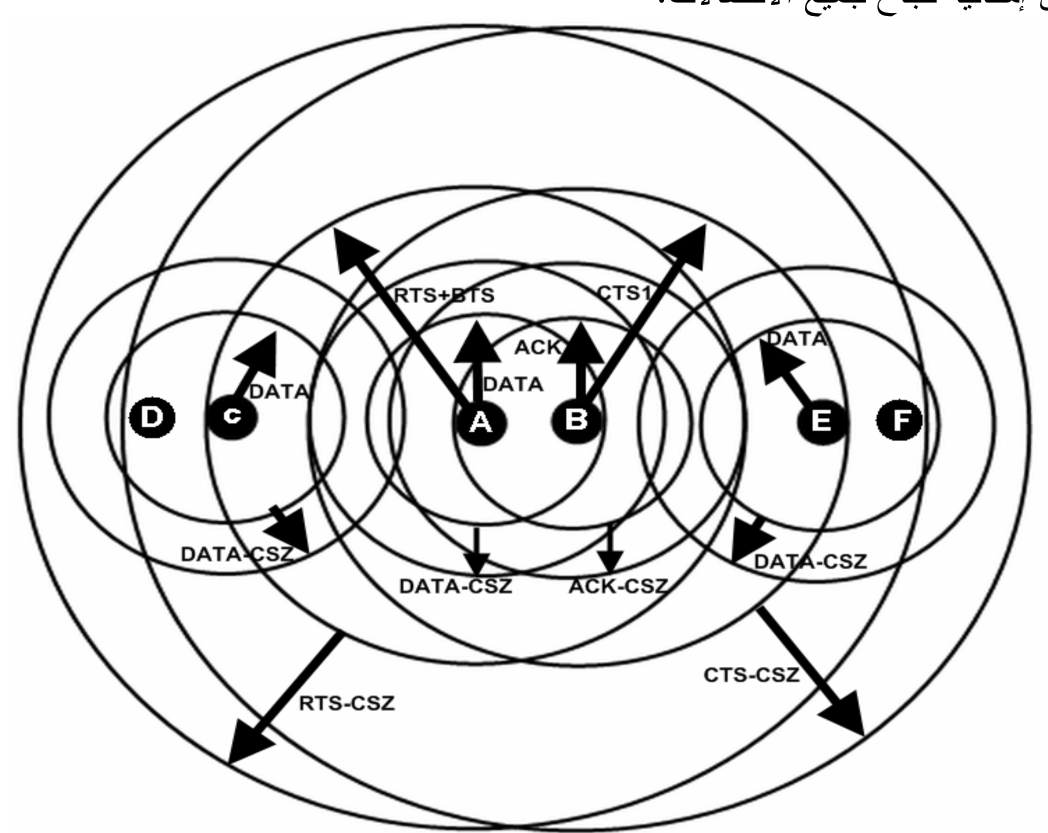
٤-٢-٣: أهمية الاتصال الثانوي

يمثل الاتصال الثانوي حلا لمشكلة المحطة الطرفية المكشوفة، حيث نسمح لأكثر من عقدة بأن ترسل في نفس الوقت، دون أن يؤثر إرسال أي منها على الآخر، ماعدا في حالة واحدة، والتي تحدث عندما لا يحتوي الاتصال الأولي حزمة بدء إرسال، وهنا تقوم العقدة المستقبلة بإرسال حزمة تأكيد وصول البيانات بقوة إرسال مناسبة أكبر من أو تساوي 7 dBm، وأقل من أو تساوي 15 dBm وقد تم تفسير ذلك مسبقا، وبالتالي فقد يحدث تصادم عند العقدة المرسلة في الاتصال الثانوي من جهة العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي إذا كان حجم البيانات في الاتصال الثانوي يساوي حجم البيانات في الاتصال الأولي. ولكن هنا تكمن الأهمية الثانية للاتصال الثانوي، وهي لا تقل أهمية عن سابقتها، وهي أنه من خلال الاتصال الثانوي نبقي الوسط من جهة العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي محجوزا، ونبلغ العقد في تلك الجهة بزمن الاتصال الأولي، وبذلك تتوقف عن الإرسال طيلة تلك المدة، مما يشكل نوعا من الحماية للاتصال الأولي، وذلك بتجنب حدوث تصادم عند العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي أثناء استلامها لحزمة البيانات، وكما أشرنا سابقا فإن التصادم الحاصل عند العقدة المستقبلة أثناء استلامها لحزمة البيانات هو أكثر أنواع التصادم حصولا. وعلى أساس نفس المبدأ السابق فإنه عند إرسال حزمة بيانات بقوة إرسال مناسبة في الاتصال الأولي، تكون العقدة المرسلة عرضة لحصول تصادم عند استلامها حزمة تأكيد وصول البيانات، لأن أي عقدة ستدخل من جهة العقدة المرسلة ولم تكن قد سمعت حزمة بدء الإرسال فستجد أن الوسط شاغر لأن مدى إرسال البيانات لا يصلها، فإذا أرسلت فإنها ستتسبب في حصول تصادم، ولكن من خلال الاتصال الثانوي نكون قد حجزنا الوسط الذي لا يصله مدى إرسال العقدة المرسلة في الاتصال الأولي عند إرسال حزمة بيانات بقوة إرسال مناسبة، من خلال اتصال ثانوي يحمل وقت الاتصال الأولي، وبذلك تتوقف جميع العقد في تلك المساحة عن الإرسال طوال تلك الفترة.

ولقد ذكرنا سابقا أنه من المشاكل في الاتصالات الثانوية في الدراسات السابقة، أنها كانت بأعلى قوة إرسال، ومع ذلك فإن العقدة المستقبلة قد لا تكون في مدى الإرسال، فكيف في هذه الدراسة يكون الاتصال الثانوي بقوة إرسال تساوي 5 dBm، والإجابة عن هذا السؤال هي أن الاتصال الثانوي إن كان من جهة العقدة المرسلة أو العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي يشكل حماية للاتصال الأولي من التصادم، وهذا يزيد من أداء الشبكة، كما أن كلفة

الاتصال الثانوي قليلة مقارنة بكلفتها في الدراسات السابقة، ففي هذه الدراسة قد يكون لـــدينا ثلاث اتصالات في الوقت الواحد، وجميعها تستهلك طاقة بما يعادل تقريبا كلفة اتصال واحـــد في البروتوكول (IEEE 802.11)، فإذا فشلت الاتصالات الثلاث، نكون قد خسرنا طاقـــة بمـــا يعادل اتصـــال واحد في البروتوكول (IEEE 802.11)، وفشل الاتصالات الثلاث تستهلك طاقة تعادل الطاقة المستهلكة في اتصال واحد من الاتصالات في الدراسات السابقة، لأن البيانـــات ترسل بقوة إرسال تساوي 15 dBm في البروتوكول (IEEE 802.11) بينما فـــي البروتوكـــول المقترح كل اتصال يرسل بيانات بقوة إرسال تساوي 5 dBm.

وإضافة لذلك فإن احتمالية فشل ثلاث اتصالات أقل من احتمالية فشل اتصال واحـــد– كما في البروتوكول (IEEE 802.11)– أو فشل اتصالين –كما في الدراسات السابقة–، وأيضا يمكن نجاح الاتصالات الثلاث معا، بخلاف ما ورد في الدراسات السابقة، إذ بينا أنه لا يمكن أن ينجح الاتصال الأولي والاتصال الثانوي معا في الدراسات السابقة. قد ينجح أحدهما وقـــد يفشل كلاهما، وبالتالي فمن المؤكد خسارة أحد الاتصالين، بخلاف ما قـــدم في هذه الدراســـة من إمكانية نجاح جميع الاتصالات.



الشكل (٤–٤): الاتصالات في البروتوكول المقترح

وقد جعلنا قيمة الإرسال في الاتصال الأولي عند إرسال حزمة بيانات بقوة إرسال مناسبة تساوي 5 dBm، وجعلنا الاتصالات الثانوية جميعها بقوة إرسال 5 dBm، وذلك كي لا تأثر اتصال بإرسال اتصال آخر، لأن مدى تحسس الناقل يساوي ٣١٨م، فلن يتأثر اتصال بآخر، حتى مع حركة العقد المستمرة، والشكل الشكل (٤-٤) يبين وجود ثلاثة اتصالات في نفس الوقت دون تأثير أي منها على الأخر.

يتم حساب المدة الزمنية التي في حزمة البيانات في الاتصالات الثانوية التي من جهة العقدة المرسلة في الاتصال الأولي حسب المعادلة التالية:

المدة الزمنية في حزمة بيانات الاتصال الثانوي من جهة المرسل =

المدة الزمنية في حزمة بدء الإرسال – مدة إرسال حزمة البيانات

وبذلك حتى لو كان حجم البيانات في الاتصال الثانوي أقل من حجم البيانات في الاتصال الأولي ستبقى العقد الأخرى منتظرة حتى نهاية الاتصال الأولي. ويتم حساب المدة الزمنية التي في حزمة تأكيد وصول البيانات في الاتصالات الثانوية من جهة العقدة المرسلة أو من جهة العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي بنفس الطريقة، بحسب المعادلة التالية:

المدة الزمنية في حزمة تأكيد وصول البيانات في الاتصال الثانوي =

المدة الزمنية في حزمة بيانات – مدة إرسال حزمة تأكيد وصول البيانات

ويتم حساب المدة الزمنية التي في حزمة البيانات في الاتصالات الثانوية التي من جهة العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي حسب نوع حزمة الإذن بالإرسال، كما يلي:

١. إذا كانت حزمة الإذن بالإرسال عادية، يتم حساب المدة الزمنية حسب المعادلة التالية:

المدة الزمنية في حزمة بيانات الاتصال الثانوي من جهة العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي =

المدة الزمنية في حزمة الإذن بالإرسال – مدة إرسال حزمة البيانات

٢. إذا كانت حزمة الإذن بالإرسال خاصة، يتم إرسال حزمة البيانات بعد فترة كافية لوصول حزمة بدء الإرسال إلى العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي، ويتم حساب المدة الزمنية حسب المعادلة التالية:

المدة الزمنية في حزمة بيانات الاتصال الثانوي من جهة العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي = المدة الزمنية في حزمة الإذن بالإرسال الخاصة – وقت إرسال حزمة بدء الإرسال – وقت إرسال حزمة البيانات

وعليه نكون قد أبلغنا العقد التي توجد في منطقة تحسس الناقل من جهة المرسل في الاتصال الأولي-RTS-CSZ- والتي توجد في منطقة تحسس الناقل من جهة المستقبل في الاتصال الأولي -CTS-CSZ- بوقت الاتصال الأولي، فلا تنتظر فترة (EIFS)، وهي غير كافية لإنهاء إرسال حزمة بيانات، أو لاستقبال حزمة بيانات بشكل كامل.

في الشكل (٤-٥) والشكل (٤-٦) يمكن أن نبين سلوك العقد في البروتوكول المقترح عند إرسال حزمة بيانات بقوة إرسال مناسبة أو بأعلى قوة إرسال في الاتصال الأولي.

الشكل (٤-٥): سلوك العقد عند إرسال حزمة بيانات بقوة إرسال مناسبة في الاتصال الأولي

الشكل (٤-٦): سلوك العقد عند إرسال حزمة بيانات بأعلى طاقة في الاتصال الأولي

الفصل الخامس

المحـــــــاكاة

تقديم

سنقوم باستخدام المحاكاة لتقييم أداء البروتوكول المقترح، وذلك بمقارنة أدائه مع أداء البروتوكول (IEEE 802.11). وسنستخدم أحد أشهر برامج المحاكاة وهو المحاكي جلومـــوزم (*Global Mobile* Information System *Simulator*, GloMoSim).

٥-١: بيئة المحاكاة

قمنا بمحاكاة شبكة خاصة باستخدام المعطيات في الجدول (٥-١)، أخذت من بعــض الدراسات السابقة (Jung and Vaidya, 2005)، (Shukla et al, 2003).

جدول (٥-١): مدخلات برنامج المحاكاة

The variable	Value
SIMULATION-TIME	100 seconds
TERRAIN-DIMENSIONS	1000m*1000m
NUMBER-OF-NODES	50
NODE-PLACEMENT	Random
MOBILITY	RANDOM-WAYPOINT
MOBILITY-WP-PAUSE	0.0
MOBILITY-WP-SPEED	0-20
PROPAGATION-PATHLOSS	TWO-RAY
RADIO-TYPE	RADIO-ACCNOISE
RADIO-BANDWIDTH	2 mega bit/second
RADIO-TX-POWER	15.0 dBm
RADIO-ANTENNA-GAIN	0.0 dBm

وقمنا بوضع قيمة (RADIO-RX-SENSITIVITY) تساوي (89 dBm-)، كي يصبح مدى تحسس الناقل يساوي ٣٠٨م تقريبا (Kim and Shin, 2005)، لضمان عدم تأثير أي من الاتصالات على بعضها البعض، بسبب حجز كل اتصال لمساحة أقل مما كانت عليه في السابق.

وتم استخدام البروتوكولات التالية (Jung and Vaidya, 2005)، (Shukla et al, 2003):

جدول (٥-٢): البروتوكولات المستخدمة

Layer	Using protocol
Routing protocol	AODV
Transport protocol	UDP
Application protocol	CBR

يبلغ عدد المصادر (٢، أو ٤، أو ٦، أو ٨، أو ١٠) موزعة على خمسة سيناريوهات على الترتيب، يتم تكرار تنفيذ المحاكاة بمعدل عشر مرات عشوائية لكل سيناريو، ثم حسبنا متوسط النتائج لجميع هذه المحاولات للحصول على نتيجة المحاكاة النهائية لكل سيناريو.

يقوم المحاكي بتسجيل المعلومات الإحصائية الخاصة بمقاييس الأداء المستخدمة في ملف إكسل، لإجراء العمليات الإحصائية.

٥-٢: مقاييس الأداء المستخدمة

استخدمت في هذه الدراسة مقاييس الأداء الرئيسة التي أخذ بها في الدراسات السابقة، وهي إنتاجية الشبكة (Throughput) وهو أحد مقاييس الأداء الكلي، ومعدل زمن تأخير وصول الحزم(End-to-end delay)، وعدد الحزم المستلمة، وعدد التصادمات عند العقد، والطاقة الكلية المستهلكة لحزم البيانات المستلمة.

٥-٢-١: الإنتاجية الكلية للشبكة

يقوم المحاكي بحساب معدل الإنتاجية لكل اتصال، فإذا كان لدينا عقدتين مصدريتين، فهذا يعني أن المحاكي سيخرج معدلين للإنتاجية وهكذا.

٥-٢-٢: معدل زمن تأخير وصول الحزم

$$\text{معدل زمن التأخير النهائي} = \frac{\text{مجموع معدلات زمن التأخير في كل الاتصالات}}{\text{عدد الاتصالات}} \quad ...(١)$$

٥-٢-٣: عدد الحزم المستلمة

$$\text{معدل عدد الحزم المستلمة} = \frac{\text{مجموع عدد الحزم المستلمة في كل الاتصالات}}{\text{عدد الاتصالات}} \quad ...(٢)$$

٥-٢-٤: عدد التصادمات

$$\text{معدل عدد التصادمات} = \frac{\text{مجموع عدد التصادمات في كل الاتصالات}}{\text{عدد الاتصالات}} \quad ...(٣)$$

٥-٢-٥: الطاقة

مجموع البيانات المستلمة بوحدة الطاقة المستهلكة في الإرسال (KB per milliwatt)، ويتم حسابها من خلال المعادلة:

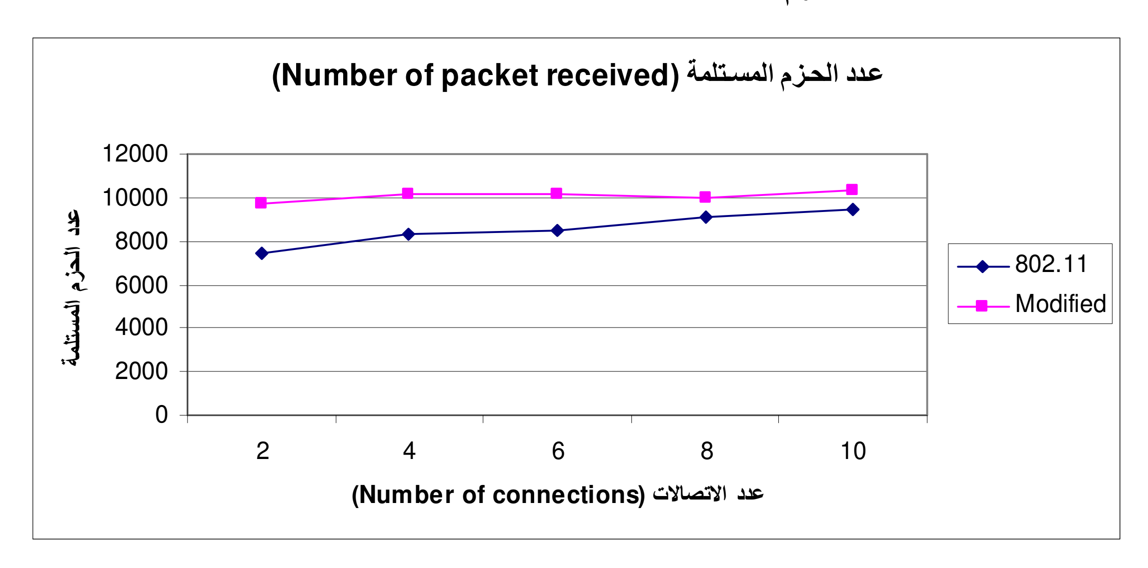
معدل مجموع البيانات المستلمة بوحدة الطاقة المستهلكة في الإرسال =

$$\frac{\text{مجموع البيانات المستلمة}}{\text{مجموع الطاقة المستهلكة لجميع العقد}} \quad ...(٤)$$

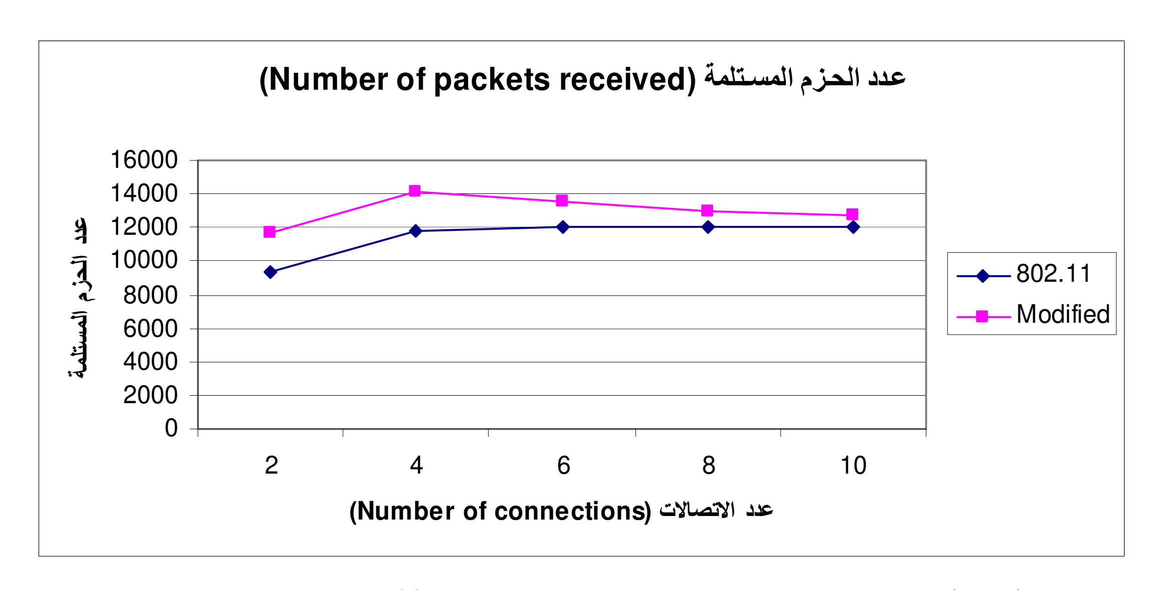
لا يدخل في المعادلة السابقة حساب الطاقة المستهلكة عند استلام الحزم (Jung and Vaidya, 2005).

٥-٣: نتائج المحاكاة

٥-٣-١: عدد الحزم المستلمة



الشكل (٥-١): حجم حزم البيانات لكل المصادر = ١٠٢٤بايت

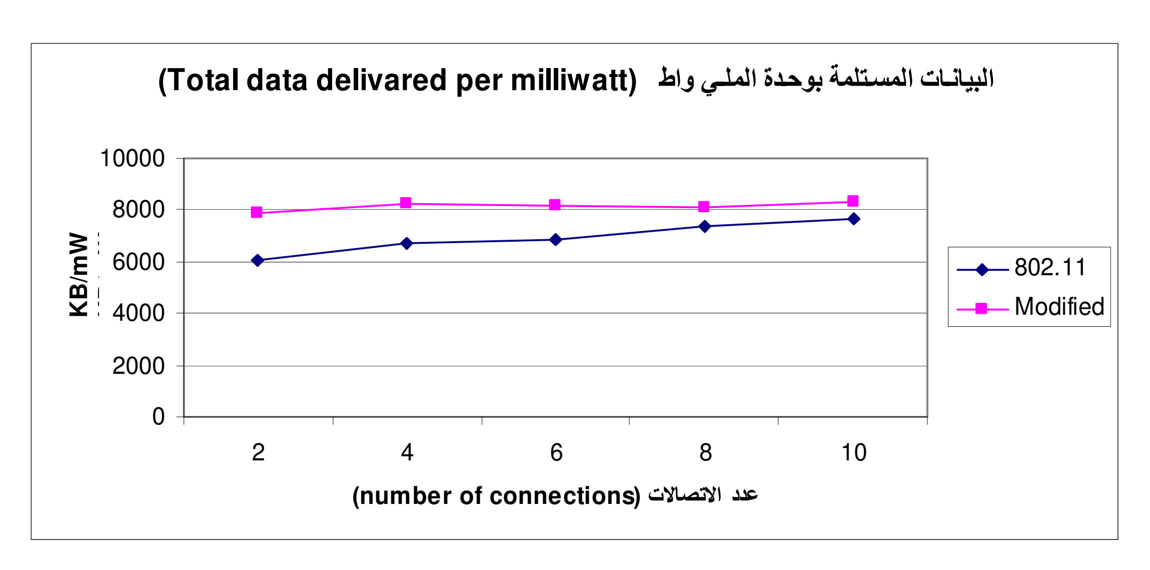


الشكل (٥-٢): حجم حزم البيانات = ١٠٢٤ بايت في ٥٠% من المصـــادر، وحجم حزم البيانات = ٥١٢ بايت في ٥٠% من المصادر

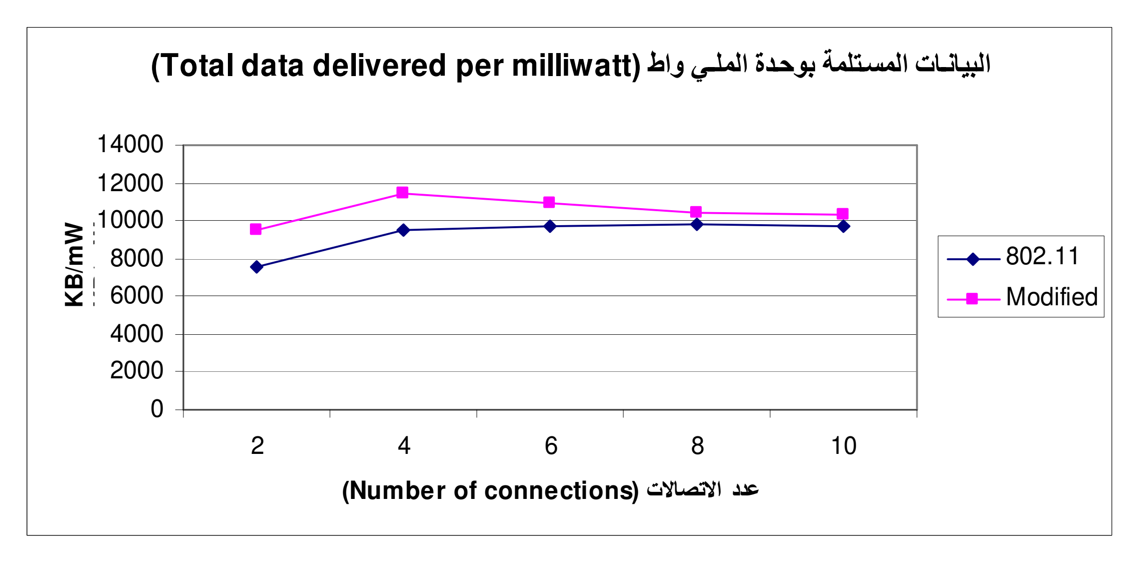
تبين نتائج المحاكاة في الشكلين (٥-١) و(٥-٢) حدوث زيادة في عدد الحزم المستلمة في البروتوكول المقترح مقارنة بالبروتوكول (IEEE 802.11)، ويعود ذلك للسماح بوجود أكثر من اتصال في الوقت الواحد في البروتوكول المقترح، ولوجود الاتصالات الثانوية. وبما أنـــه

تم تبليغ العقد في منطقة تحسس الناقل في الاتصالات الأولية بزمن الاتـصال، فـلا تحـاول الإرسال، مما يقلل من التصادمات الحاصلة عند العقد في الاتصالات الأولية.

٥-٣-٢: الطاقة



الشكل (٥-٣) : حجم حزم البيانات لكل المصادر = ١٠٢٤بايت

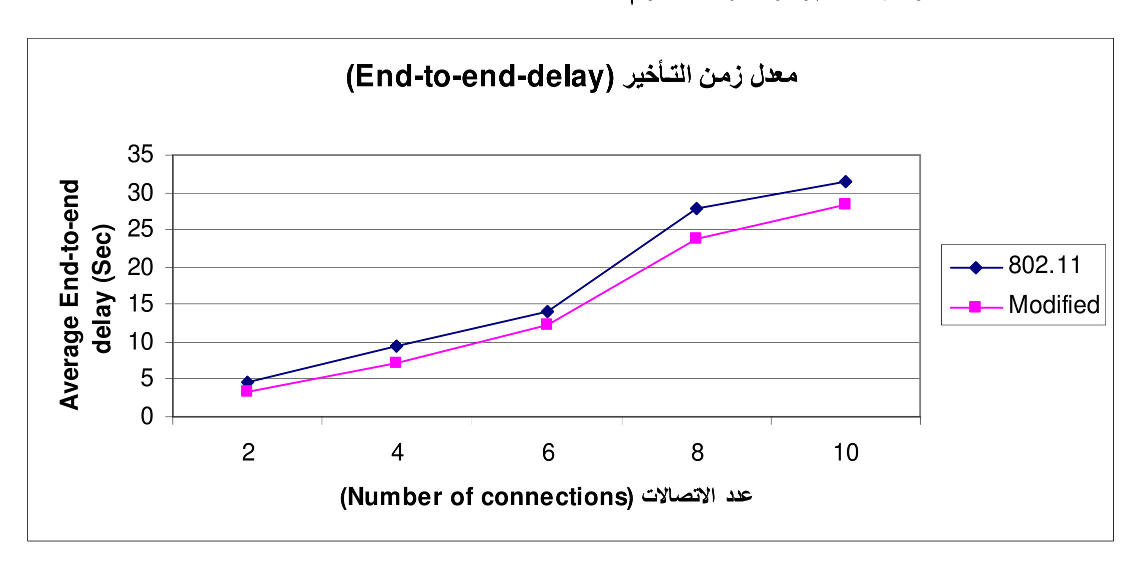


الشكل (٥-٤): حجم حزم البيانات = ١٠٢٤ بايت في ٥٠% من المصـــادر، وحجم حزم البيانات = ٥١٢ بايت في ٥٠% من المصادر

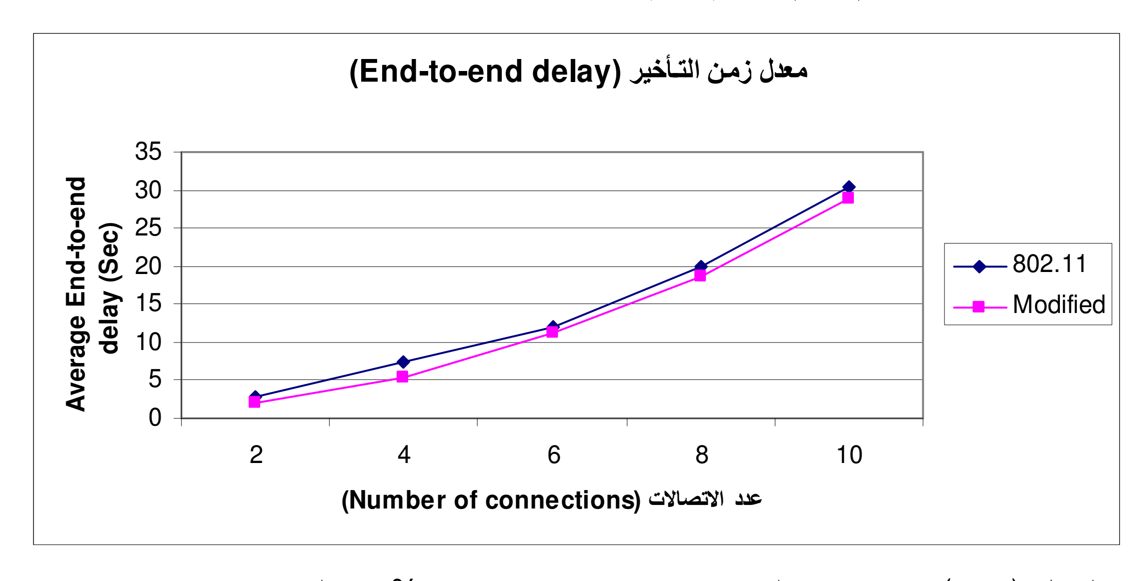
تبين نتائج المحاكاة في الشكلين (٥-٣) و(٥-٤) حصول زيادة في الحزم المـستلمة بوحدة الملي واط في البروتوكول المقترح مـقارنة بالبروتوكول (IEEE 802.11)، وذلك لأننا سمحنا في البروتوكول المقترح بإرسال حزم بيانات بقوة إرسال مناسـبة فـي الاتـصالات

الأولية، وبإرسال حزم البيانات دائما بقوة إرسال مناسبة في الاتصالات الثانوية، وبسبب وجود الاتصالات الثانوية يقل عدد التصادمات في الاتصالات الأولية، مما يقلل من إعادة إرسال الحزم، وهذا ينعكس إيجابا على الطاقة المستهلكة.

٥-٣-٣: معدل زمن تأخير وصول الحزم



الشكل (٥-٥): حجم حزم البيانات لكل المصادر = ١٠٢٤بايت

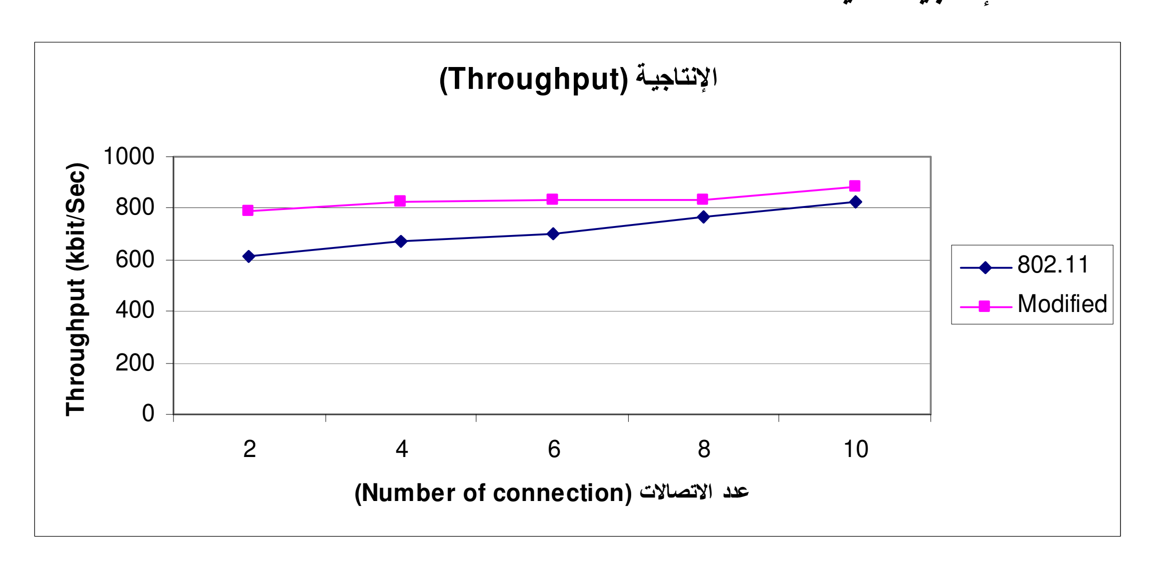


الشكل (٥-٦): حجم حزم البيانات = ١٠٢٤ بايت في ٥٠% من المصادر، وحجم حزم البيانات = ٥١٢ بايت في ٥٠% من المصادر

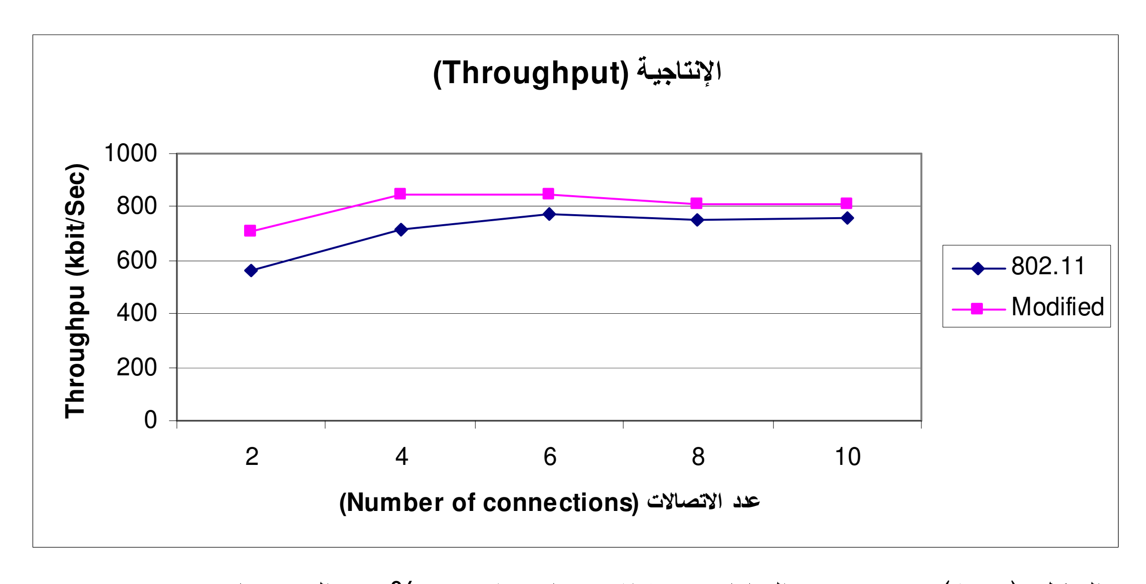
تبين نتائج المحاكاة في الشكلين (٥-٥) و(٥-٦) أن معدل زمن تأخير وصول الحزم في البروتوكول المقترح أقل مقارنة بمعدل زمن تأخير وصول الحزم في البروتوكول (IEEE 802.11)، ويعود ذلك لوجود الاتصالات الثانوية والتي لا يوجد فيها إرسال لحزم طلب

الاتصال وحزم الإذن بالإرسال، كما أن الاتصالات الثانوية الحاصلة، تبلغ العقد في منطقة تحسس الناقل للعقد في الاتصال الأولي بمدة الاتصال الأولي، فلا تحاول الإرسال حتى انتهاء الاتصال الأولي، مما يقلل من عدد التصادمات الحاصلة في الاتصالات الأولية، وبالتالي تقل محاولات إعادة الإرسال، وهذا يوفر في زمن تسليم الحزم.

٥-٣-٤: الإنتاجية الكلية



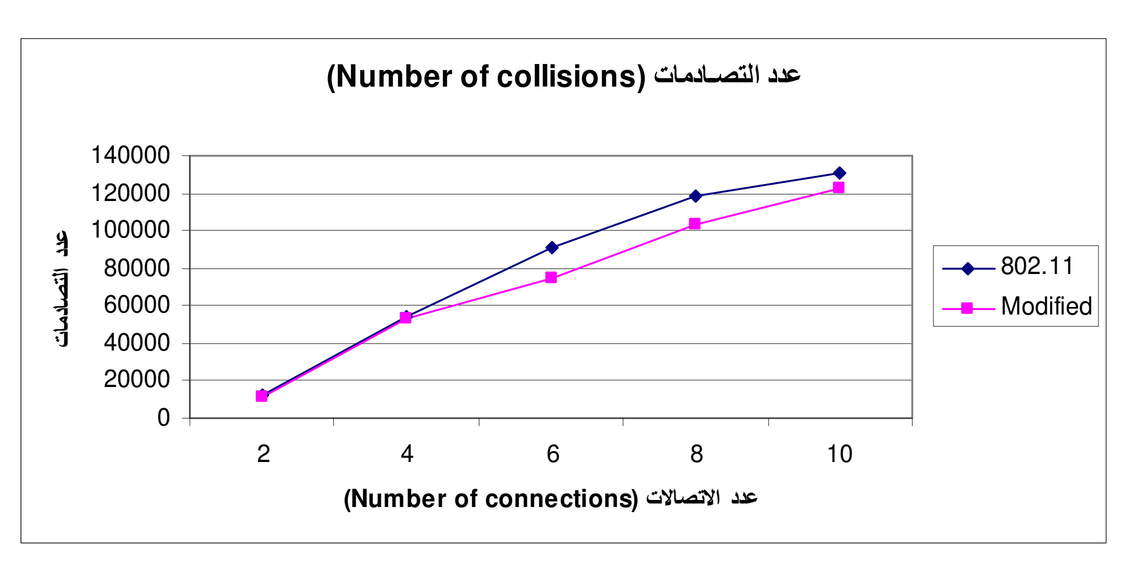
الشكل (٥-٧): حجم حزم البيانات لكل المصادر = ١٠٢٤بايت



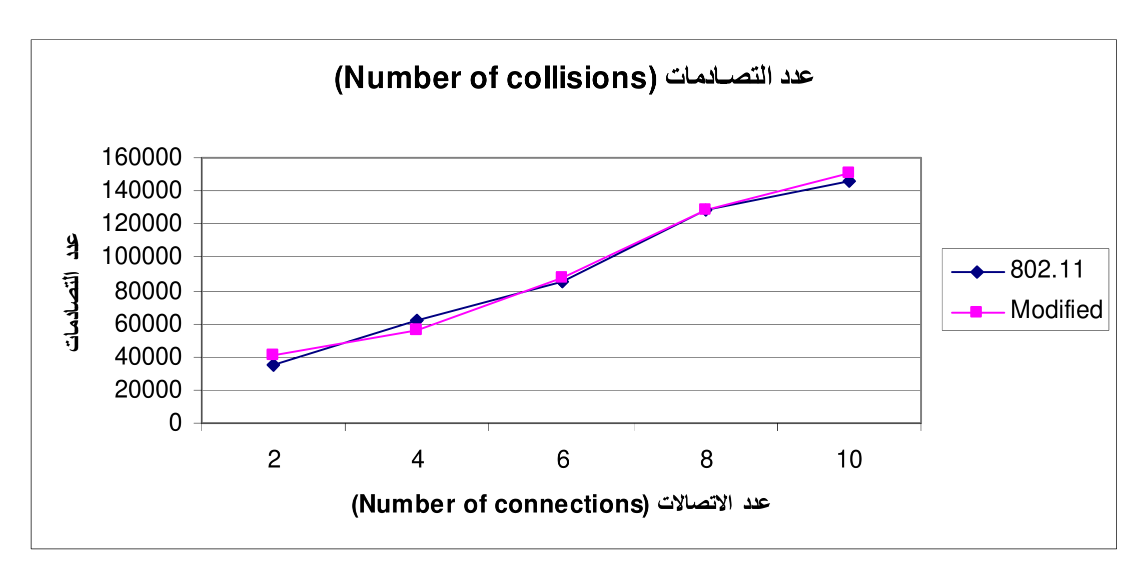
الشكل (٥-٨): حجم حزم البيانات = ١٠٢٤ بايت في ٥٠% من المصـــادر، وحجم حزم البيانات = ٥١٢ بايت في ٥٠% من المصادر

تبين نتائج المحاكاة في الشكلين (٥-٧) و(٥-٨) حصول تحسين في أداء البروتوكول المقترح فيما يتعلق بالإنتاجية الكلية للشبكة مقارنة بالبروتوكول (IEEE 802.11)، ويعود ذلك لوجود الاتصالات الثانوية، والتي وإن لم تنجح، فإنها تساهم في حماية العقد في الاتصال الأولي من التصادم، لأنها تبلغ العقد في منطقة تحسس الناقل للعقد في الاتصال الأولي بمدة الاتصال الأولي، فلا تحاول الإرسال حتى انتهاء المدة.

٥-٣-٥: عدد التصادمات



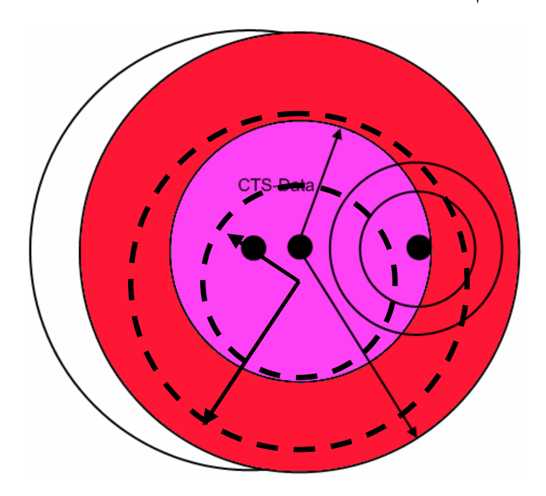
الشكل (٥-٩): حجم حزم البيانات لكل المصادر = ١٠٢٤بايت



الشكل (٥-١٠): حجم حزم البيانات = ١٠٢٤ بايت في ٥٠% من المصادر، وحجم حزم البيانات = ٥١٢ بايت في ٥٠% من المصادر

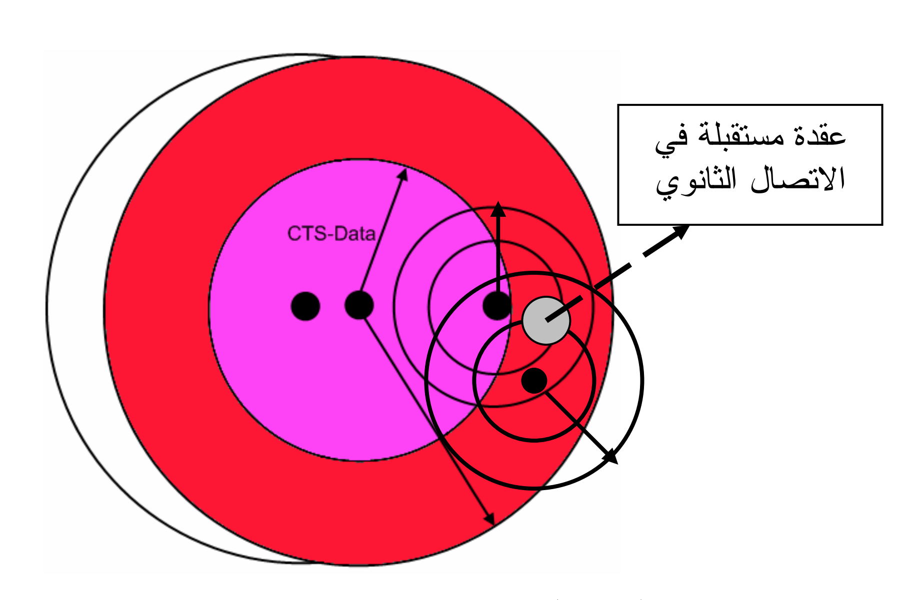
ترجع الزيادة في عدد التصادمات في البروتوكول المقترح إلى أربعة أمــور، الأمــر الأول سببه الاتصال الثانوي من جهة العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي، وكما قلنا سابقا فإن الاتصال الثانوي من جهة العقدة المستقبلة يحصل إذا كانت حزم البيانات في الاتصال الأولي سترسل بقوة إرسال مناسبة، أو سترسل بقوة الإرسال الافتراضية –القصوى–، فعندما ترسل حزم البيانات في الاتصال الأولي بقوة الإرسال القصوى، تكون قوة إرســال حزمــة تأكيــد وصول البيانات أكبر من أو تساوي 7 dBm، وأقل من أو تساوي 15 dBm، وعنــد إرســال العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي حزمة تأكيد وصول البيانات بقوة إرســال 7 dBm علــى الأقل، فإنها تتسبب بحصول تصادم عند العقدة المرسلة في الاتصال الثانوي عنــد اســتلامها لحزمة تأكيد وصول البيانات.

أما الأمر الثاني الذي يزيد التصادمات في البروتوكول المقترح فيعود لعــدم إشــغال كامل الوسط، والسبب الأول لذلك هو أن مدى تحسس الناقل في الاتصالات الثانوية لا يــصل لنهاية مدى تحسس الناقل الذي وصلت إليه حزمة طلب الاتصال أو حزمة الإذن بالإرسال في الاتصال الأولي، مما يمكن عقدا أخرى تريد أن تدخل إلى الوسط، فتجده شــاغرا، وتتــسبب محاولتها الإرسال في حصول التصادم. والسبب الثاني هو أن الاتصالات الثانوية التي يكــون حجم حزمة البيانات فيها أقل من حجم حزم البيانات في الاتصال الأولي، تنتهي من الإرسال قبل انتهاء الاتصال الأولي، فإذا دخلت عقدة بعد انتهاء الاتصال الثانوي، فإنها ستجد الوســط شاغرا لكون الاتصال الأولي ترسل فيه البيانات بقوة إرسال مناسبة، وعند محاولتها الإرسال يحدث تصادم إما عند العقدة المستلمة في الاتصال الأولي أثناء استلامها لحزمة بيانــات، أو عند العقدة المرسلة في الاتصال الأولي أثناء استلامها حزمة تأكيد وصول البيانــات. يبــين الشكل (٥–١١) حدوث تصادم عند إرسال حزمة تأكيد وصول بيانات بأعلى قوة إرسال.



الشكل (٥–١١): حدوث تصادم عند إرسال حزمة تأكيد وصول بيانات بأعلى قوة إرسال

الأمر الثالث فيعود لوجود عقدتين أو أكثر متجاورتين يقمن بعمل اتصال ثانوي، فلا تشعر أي منها بإرسال الأخرى –إرسال نصف مزدوج–، مما يؤدي إلى حدوث تصادم عند العقد المستقبلة في الاتصالات الثانوية، أو نكون قد استهلكنا طاقة أكبر من المطلوب لحماية الاتصال الأولي. يبين الشكل (٥–١٢) حدوث تصادم عندما يوجد أكثر من اتصال ثانوي قريبين من بعضهم.



الشكل (٥–١٢): تصادم بسبب قرب المسافة بين الاتصالات الثانوية

إن فشل الاتصالات الثانوية للأمور الثلاث السابقة لا يؤثر على الاتصالات الأولية، ولكنه يزيد من استهلاك الطاقة، وهذا يفسر الزيادة في الأداء مع الزيادة في عدد التصادمات والزيادة في استهلاك الطاقة أحيانا.

الأمر الرابع الذي قد يزيد التصادمات في البروتوكول المقترح يعود لعدم وجود اتصال ثانوي، عندها ستكون العقدة المستقبلة في الاتصال الأولي عرضة لحدوث تصادم إثناء استلامها لحزمة بيانات، وستكون العقدة المرسلة في الاتصال الأولي عرضة لحدوث تصادم عند استلامها لحزمة تأكيد وصول بيانات عند إرسال حزمة بيانات بقوة إرسال مناسبة.

الفصل السادس

الخـــاتمة والدراســـات المســـتقبلية

٦-١: الخـــاتمة

في هذه الدراسة قمنا بعرض أربع مشاكل يعاني منها البروتوكـــول (IEEE 802.11)، ثلاثة منها تتسبب في تخفيض أداء عمل البروتوكول، وهي مشكلة التوقـــف الخـــاطئ عـــن الإرسال عند إرسال حزمة بيانات بقوة إشارة مناسبة، ومشكلة المحطـــة الطرفيـــة المخفيـــة، ومشكلة المحطة الطرفية المكشوفة، أما المشكلة الرابعة فهي استهلاك طاقة أكبر من المطلوب للإرسال.

وقد اقترحنا تحسينا على البروتوكول المذكور يتم بموجبه إرسال حزم البيانات وحزم تأكيد وصول البيانات بقوة إشارة مناسبة عند تحقق الشروط التي وضعناها للتوفير في الطاقة المستهلكة، وقمنا بإضافة حزمة جديدة أسميناها حزمة بدء إرسال، لتجنب التوقف الخاطئ عن الإرسال عندما نرسل حزمة بيانات بقوة إشارة مناسبة. ولتجنب مـــشكلة المحطـــة الطرفيـــة المخفية ومشكلة المحطة الطرفية المكشوفة قمنا بإعادة استخدام الوسط بالسماح لعقد أخـــرى بالإرسال بقوة إشارة مناسبة مع وجود اتصال.

والجديد في هذه الدراسة هو تقديم حل لمشكلة التوقف الخاطئ عـــن الإرســـال عنـــد إرسال حزم بيانات بقوة إشارة مناسبة، وتقديم حل لمشكلة التصادم عند العقدة المستقبلة أثنـــاء استلامها لحزم البيانات، ومشكلة التصادم عند العقدة المرسلة عند اســـتلامها حزمـــة تأكيـــد وصول البيانات أثناء إرسالها حزمة بيانات بقوة إشارة مناسبة، وباستخدام المحاكاة أظهـــرت النتائج أفضلية في أداء البروتوكول المقترح مقارنة بالبروتوكول (IEEE 802.11)، واستهلاك أقل للطاقة وباستخدام قناة إرسال واحدة.

٦-٢ : الدراسات المستقبلية

يمكن العمل على تطوير البروتوكول المقترح بإيجاد حل للتصادم فـــي الاتـــصالات الثانوية من خلال عدم السماح لأكثر من عقدة بعمل اتصال ثانوي في مساحة معينة، وإيجـــاد

حل للتصادم بسبب عدم وجود اتصالات ثانوية من خلال إرسال حزمة تحكم جديـــدة تـــشبه حزمة البدء بالإرسال على فترات، تحمل الوقت المتبقي للاتـــصال الأولـــي لإبقـــاء الوســـط محجوزا حتى نهاية الاتصال الأولي، يتم إرسال هذه الحزمة من قبل العقد التي تنطبق عليهـــا شروط الاتصال الثانوي في هذه الدراسة، ما عدا شرط امتلاكها حزمة بيانات.

المراجــــــع

1. Alawieh, B. Assi, C.M. Ajib, W., **A Distributed Correlative Power Control Scheme for Mobile Ad hoc Networks using Prediction Filters**, IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (IEEE AINI), 2007, pp. 23-30.
2. Basagni, S. Capone, A., **Recent research directions in wireless ad hoc networking,** Ad Hoc Networks, Vol. 5, 2007, pp. 1205-1207.
3. Desilva, S. Boppana, R.V., **On the impact of noise sensitivity on performance in 802.11 based ad hoc networks,** IEEE International Conference on Communications (IEEE ICC), Vol.7, 2004, pp. 4372- 4376.
4. IEEE Standards Department, **Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications**, IEEE standard 802.11, 1999.
5. Jorge Nuevo, **A Comprehensible GloMoSim Tutorial**, University du Quebec, March 2004.
6. Jung, E-S. Vaidya, N.H., **A Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks**, The Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (ACM MobiCom), Wireless Networks, Vol. 11, 2005, pp. 55-66**.**
7. Kim, D. and Shim, E-s., **P-MAC: Parallel Transmissions in IEEE 802.11 Based Ad Hoc Networks with Interference Ranges,** Springer, Lecture Notes in Computer Sciences, Vol.3391, 2005, pp.735-744.
8. Klemm, F. Ye, Z. Krishnamurthy, V.S. Tripathi, S.K., **Improving TCP performance in ad hoc networks using signal strength based link management,** Ad Hoc Networks, Vol.3, 2005, pp.175-191.
9. Mingbo, X. Feitian, L. Jing, Z. Guangsong, Y., **A New Power-Controlled MAC for Ad Hoc Networks,** IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (IEEE WiCom), 2007, pp. 1722-1725.
10. Mukherjee, A. Banyopadhyay, S. Saha, D.**, Location Management and Routing in MobileWireless Networks,** Artech House Inc, Boston (USA), 2003.
11. Muqattash, A. and Krunz, M., **Power Controlled Dual Channel (PCDC) Medium Access Protocol for Wireless Ad Hoc Networks**, IEEE International Conference on Computer Communication (IEEE INFOCOM), Vol. 1, 2003, ppt.470- 480.

12. Ray, S. Carruthers, J.B. Starobinski, D., **RTS/CTS-induced Congestion in Ad-Hoc Wireless LANs,** IEEE Wireless Communications and Networking Conference (IEEE WCNC), Vol. 3, 2003, pp. 1516-1521.
13. Sarangapani, J., **Wireless Ad Hoc and Sensor Networks,** CRC Press, Boca Raton (USA), 2007.
14. Shukla, D. Chandran-Wadia, L. Iyer, S., **Mitigating the Exposed Node Problem in IEEE 802.11 Ad Hoc Networks**, IEEE International Conference on Computer Communications and Networks (IEEE ICCCN), 2003, pp. 157-162.
15. Walke, B., Mangold, S., Berlemann, L., **IEEE 802 Wireless Systems**, Wiley, England, 2006.

Abstract

The IEEE 802.11 protocol is the most widely used Medium Access Control (MAC) protocol in wireless networks. However, it suffers from several problems that have attracted the interest of many researchers. In this thesis, we recommend allowing data transmission with variable signal strength, and propose solutions to false blocking, the hidden terminal problem, the exposed terminal problem and high transmission power consumption. This is accomplished by using variable signal strength and by the effective spatial reuse of one channel. Through detailed simulations using the GloMoSim simulator, we show that our protocol modifications significantly improve the performance of IEEE 802.11 in terms of throughput, number of packets received, average end-to-end delay, number of collisions and power consumption.